

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**  
**DESARROLLO DE LA RED FTTH CON TECNOLOGÍA GPON DE LA**  
**EMPRESA ALFATEL PARA LA CIUDAD EL ÁNGEL PROVINCIA DEL**  
**CARCHI**

**AUTOR:**  
**JORGE JAHIR SÁNCHEZ PICO**

**TUTOR:**  
**JHONNY JAVIER BARRERA JARAMILLO**

**Quito, febrero del 2021**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Jorge Jahir Sánchez Pico con documento de identificación N° 175131153-9, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **DESARROLLO DE LA RED FTTH CON TECNOLOGÍA GPON DE LA EMPRESA ALFATEL PARA LA CIUDAD EL ÁNGEL PROVINCIA DEL CARCHI**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

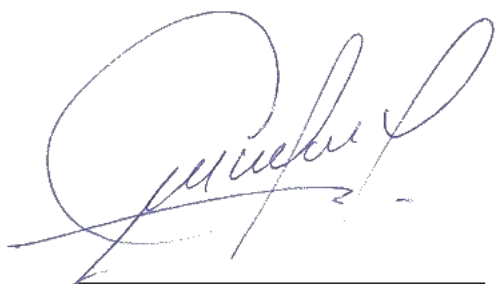


.....  
Jorge Jahir Sánchez Pico  
175131153-9

Quito, febrero de 2021

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, **DESARROLLO DE LA RED FTTH CON TECNOLOGÍA GPON DE LA EMPRESA ALFATEL PARA LA CIUDAD EL ÁNGEL PROVINCIA DEL CARCHI**, realizado por Jorge Jahir Sánchez Pico, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.



Jhonny Javier Barrera Jaramillo

C.C. 1400378475

Quito, febrero de 2021

## CARTA DE AUSPICIO



### CARTA DE AUSPICIO

San Gabriel, 19 de agosto, 2020

Señores  
Universidad Politécnica Salesiana  
Presente.-

De mi consideración:

Por la presente, Yo, Ing. POZO CAICEDO VIVIANA ALEXANDRA, en mi calidad de representante legal de la empresa **ALFATEL**, con número de RUC: 0401895404001, me comprometo a otorgar el auspicio al Señor **Jorge Jahir Sánchez Pico** estudiante de la **Universidad Politécnica Salesiana**, para que realice el proyecto de **Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad de El Ángel, provincia del Carchi.**

- Nuestra empresa se compromete, de ser el caso, a entregar el apoyo logístico necesario para que el mencionado proyecto llegue a su feliz término.
- La información que se entregue será clasificada por nuestra empresa y podrá ser divulgada solo con autorización expresa.
- Se llevará seguimiento al trabajo efectuado, comprometiéndose a entregar una carta de conformidad al finalizar el proyecto.
- Aceptamos que la propiedad intelectual es de la Universidad Politécnica Salesiana, sin embargo, el trabajo puntual podrá ser utilizado por nuestra empresa sin requerimiento de autorización alguna.
- Adicionalmente nos comprometemos a divulgar y/o publicar la colaboración de la Universidad Politécnica Salesiana en la elaboración de los proyectos que se ejecuten conjuntamente, esto es en páginas web, seminarios, publicaciones, etc. cuando sea posible y de manera particular cuando se realice alguna presentación y/o divulgación del tema específico tratado.

Atentamente.

  
Ing. Viviana Pozo Caicedo  
**ALFATEL**

  
**ALFATEL**  
RESOLUCIÓN ARCOTEL: 2018 - 0312  
RUC: 0401895404001  
SAN GABRIEL • CARCHI • ECUADOR

Dirección: Calle Olmedo s/n y Bolívar (Radio Horizonte)  
San Gabriel Carchi  
Teléfono: 0982246998  
www.alfatel.net

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo y todo el esfuerzo que conllevó a mis Padres por su amor y preocupación, ellos son el pilar fundamental y ejemplo en el transcurso de mi vida. Siempre conté con su apoyo incondicional y cada vez que sentí desfallecer tuve su consejo haciéndome sentir que no estaba solo, gracias por estar presente en las etapas más importantes de mi vida.

De igual forma, lo dedico a mi enamorada Daniela García por su tiempo y dedicación, ella ha sido mi fiel compañera en el trayecto de mi carrera, pilar muy importante para lograr mi objetivo.

**Jahir**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a su infinita bondad, por haberme dado la oportunidad de terminar mi carrera ya que con su guía he llegado hasta aquí.

De igual forma, mi agradecimiento al Ing. Francisco Haz por el ejemplo, apoyo, paciencia y por compartir sus conocimientos de forma incondicional.

M reconocimiento a la empresa ALFATEL y a todo su personal, por permitirme ejecutar este proyecto y finalmente, a mi tutor el Ing. Jhonny Barrera por su guía oportuna en del desarrollo de este proyecto.

**Jahir**

## ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
CARTA DE AUSPICIO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
<b>1.1 Planteamiento del problema</b>	1
<b>1.2 Justificación</b>	2
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b>	3
<b>1.3.1 Objetivo General</b>	3
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b>	3
<b>1.4 Marco conceptual</b>	3
<b>1.4.1 Fibra Óptica</b>	3
<b>1.4.2 Tipos de fibra óptica</b>	5
<b>1.4.2.1 Fibra monomodo.</b>	5
<b>1.4.2.2 Fibra multimodo.</b>	6
<b>1.4.3 Redes de acceso</b>	7
<b>1.4.4 Redes FTTH</b>	8
<b>1.4.4.1 Redes ópticas activas (AON).</b>	8
<b>1.4.4.2 Redes ópticas pasivas (PON).</b>	9
<b>1.4.5 Tipo de Redes PON</b>	12
<b>1.4.6 Red GPON</b>	14
CAPÍTULO 2	15
ESTUDIO INICIAL	15
<b>2.1 Antecedentes</b>	15
<b>2.1.1 Descripción de la empresa</b>	15
<b>2.1.2 Cobertura de la empresa ALFATEL</b>	15

<b>2.2</b>	<b>Descripción de la red de radio enlace de la empresa ALFATEL</b>	<b>15</b>
2.2.1	Ubicación	16
2.2.2	Análisis de la red actual de provisión de ALFATEL	17
2.2.3	Detalles de los enlaces	20
<b>2.3</b>	<b>Problemas detectados</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Requerimientos</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>		<b>23</b>
<b>DISEÑO DE LA PROPUESTA</b>		<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Generalidades</b>	<b>23</b>
3.1.1	Metodología	23
3.1.1.1	Fases de la metodología.	23
<b>3.2</b>	<b>Diseño de la red GPON</b>	<b>24</b>
3.2.1	Red de dispersión	26
3.2.1.1	Rutas y áreas de dispersión.	26
3.2.1.2	Cobertura de NAPs	27
3.2.1.3	Distritos	28
3.2.1.4	Roseta óptica	37
3.2.1.5	ONU (Optical Network Unit)	38
3.2.2	Red de distribución	38
3.2.2.1	Splitter	39
3.2.2.2	Herrajes	40
3.2.2.3	ODF	41
3.2.3	Red feeder	41
3.2.3.1	OLT	42
<b>CAPÍTULO 4</b>		<b>43</b>
<b>CONFIGURACIÓN Y PRUEBAS DE CONECTIVIDAD</b>		<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Generalidades</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Configuración del equipamiento</b>	<b>43</b>
4.2.1	Configuración del Router Administrador MikroTik Rb 3011	43
4.2.2	Configuración de la OLT KingType	47
4.2.3	Configuración de la ONU	49
<b>4.3</b>	<b>Escenarios de prueba</b>	<b>49</b>
4.3.1	Pruebas de potencia	50
4.3.2	Análisis de la señal de la red GPON de ALFATEL	52
4.3.3	Pruebas de desempeño	53
4.3.4	Pruebas de reflectancia	55



<b>4.4 Planes a ofertar</b>	56
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1	Coordenadas georeferenciales de la ubicación de las antenas .....	17
Tabla 2. 2	Características de la señal recibida por los abonados .....	20
Tabla 3. 1	Materiales utilizados en la implementación del distrito A.....	31
Tabla 3. 2	Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito A...	32
Tabla 3. 3	Materiales utilizados en la implementación del distrito B.....	32
Tabla 3. 4	Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito B...	33
Tabla 3. 5	Materiales utilizados en la implementación del distrito C.....	33
Tabla 3. 6	Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito C...	34
Tabla 3. 7	Materiales utilizados en la implementación del distrito D.....	34
Tabla 3. 8	Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito D...	34
Tabla 3. 9	Materiales utilizados en la implementación del distrito E .....	35
Tabla 3. 10	Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito E.	36
Tabla 3. 11	Materiales utilizados en la implementación del distrito F .....	36
Tabla 3. 12	Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito F.	37
Tabla 3. 13	Capacidad de los splitters y su pérdida en dB.....	39
Tabla 4. 1	Atenuación total del enlace.....	51
Tabla 4. 2	Presupuesto óptico por distritos .....	52
Tabla 4. 3	Parámetros de la señal de la red GPON de ALFATEL.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Componentes de la fibra óptica .....	4
Figura 1. 2 Fibra óptica monomodo .....	6
Figura 1. 3 Fibra óptica multimodo .....	6
Figura 1. 4 Red óptica activa.....	9
Figura 1. 5 Red óptica pasiva.....	10
Figura 1. 6 Configuración punto a punto .....	11
Figura 1. 7 Configuración punto a multipunto pasivo .....	12
Figura 2. 1 Radio enlace troncal de ALFATEL .....	16
Figura 2. 2 Estructura de la red de enlace inalámbrico de ALFATEL .....	19
Figura 2. 3 Cobertura de los AP a toda la ciudad de el Ángel .....	19
Figura 3. 1 Esquema de la Red GPON de la empresa ALFATEL.....	24
Figura 3. 2 Ubicación geográfica de la oficina central de ALFATEL.....	25
Figura 3. 3 Rack con los equipos configurados de la red FTTH.....	25
Figura 3. 4 Planimetría del tendido de fibra óptica de la empresa ALFATEL .....	27
Figura 3. 5 Distribución de distritos de la red GPON de ALFATEL .....	28
Figura 3. 6 Diagrama unifilar de la caja de distribución del distrito A.....	29
Figura 3. 7 Diagrama unifilar de la caja de dispersión 6 del distrito A .....	30
Figura 3. 8 Empalme de bobinas y caja distribución nivel D .....	35
Figura 3. 9 Roseta óptica de ALFATEL ubicada en el domicilio del afiliado.....	37
Figura 3. 10 Implementación de ONU Huawei 8545m en la red de ALFATEL .....	38
Figura 3. 11 Distribución física de los splitters por distritos .....	40
Figura 3. 12 Herrajes tipo A con pinzas de anclaje.....	41
Figura 3. 13 ODF de 24 Puertos con pigtails y adaptadores.....	41
Figura 3. 14 Diagrama de la red troncal de GPON para la empresa ALFATEL .....	42
Figura 4. 1 Direcciones IP públicas asignadas por Nedetel .....	43
Figura 4. 2 IP privada.....	44
Figura 4. 3 Lista de rutas en Wispro .....	44
Figura 4. 4 Requisitos para vincular MikroTik con Wispro .....	45
Figura 4. 5 Reglas de vinculación del MikroTik a Wispro .....	45
Figura 4. 6 Acceder a vinculación de MikroTik y Wispro .....	46
Figura 4. 7 Contratos de los abonados visualizados desde MikroTik.....	46
Figura 4. 8 Contratos de los abonados visualizados desde Wispro.....	47

Figura 4. 9 Estado del sistema.....	47
Figura 4. 10 Runing Status de la OLT .....	48
Figura 4. 11 Configuración fuera de banda.....	48
Figura 4. 12 Configuración de la ONU ZTE F612W.....	49
Figura 4. 13 Fusiones realizadas a la fibra óptica .....	51
Figura 4. 14 Consumo de ONU promedio .....	53
Figura 4. 15 Prueba de PING en una ONU promedio.....	53
Figura 4. 16 Prueba de JITTER de PING en una ONU promedio .....	54
Figura 4. 17 Prueba de HTTP en una ONU promedio .....	54
Figura 4. 18 Prueba de IMAF en una ONU promedio .....	54
Figura 4. 19 Ancho de banda vs latencia en una ONU promedio.....	55
Figura 4. 20 Prueba de reflectancia en el distrito A .....	55

## **RESUMEN**

La creciente demanda de servicios de telecomunicaciones con altos niveles de eficiencia, obligan a las empresas proveedoras a intensificar sus esfuerzos por mejorar u optimizar sus infraestructuras tecnológicas y a migrar a tecnologías emergentes que les permita satisfacer los requerimientos de sus usuarios mejorando la calidad del servicio brindado.

El presente proyecto hace referencia al diseño e implementación de la red de fibra óptica mediante la tecnología FTTH (Fiber To The Home) y el estándar GPON para la empresa ALFATEL ubicada en la ciudad de El Ángel en la Provincia del Carchi. El nombre de ALFATEL hace mención a la letra griega ALFA y TEL a las telecomunicaciones. El principal objetivo es brindar una solución por parte de la empresa, para cubrir la demanda del mercado y resolver las continuas exigencias referentes a problemas de conectividad y estabilidad del servicio que brinda la empresa en el sector, debido principalmente a falencias con la red de radio enlace que se tenía implementada. Para el desarrollo de la propuesta, se estudiaron las características de la tecnología FTTH y el estándar GPON, para proponer un diseño óptimo de una red de Fibra que cubra desde la red troncal, las redes de dispersión, las redes de distribución, incluyendo los cálculos necesarios para los materiales y la selección de equipos. Se realizó además la implementación de la red y se realizaron pruebas de potencia y conectividad. La metodología empleada fue de tipo experimental y cualitativo, debido al tipo de proyecto que se llevó a cabo.

**Palabras clave:** FTTH, GPON, conectividad, OLT, ONU.

## ABSTRACT

The growing demand for telecommunications services with high levels of efficiency, oblige provider companies to intensify their efforts to improve or optimize their technological infrastructures and migrate to emerging technologies that allow them to satisfy the requirements of their demanding users, improving the quality of the service provided.

This research refers to the design and implementation of the fiber optic network using FTTH (Fiber to The Home) technology and GPON standard for the ALFATEL company located in the city of El Angel in the Province of Carchi. The name ALFATEL refers to the Greek letter ALFA and TEL to telecommunications. The main objective is to provide a solution by the company to meet the market demand and solve the continuous demands regarding connectivity problems and stability of the service that the company provides in the sector, mainly due to shortcomings with the radio link network that had been implemented. For the development of the proposal, the characteristics of FTTH technology and the GPON standard were studied, to propose an optimal design of a Fiber network that covers the backbone network, the dispersion networks, the distribution networks, including the calculations required for materials and equipment selection. In addition, the network was implemented and power and connectivity tests were carried out. The methodology used was experimental and qualitative, due to the experimental development that was carried out.

**Keywords:** FTTH, GPON, connectivity, OLT, ONU.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la empresa ALFATEL, al ser una operadora que brinda el servicio de conexión a internet en la ciudad El Ángel ha experimentado un importante incremento de usuarios, sin embargo, no ha podido satisfacer tal demanda debido por una parte a que las condiciones geográficas del lugar no permiten que sea posible la suministración del servicio de internet a través de enlaces de radio con el que actualmente trabaja la empresa. Esta situación ha motivado a ALFATEL a migrar su estructura de red actual de radio enlace hacia una red de fibra óptica, considerando sus características y ventajas en comparación a cualquier otro medio de transmisión, lo cual hará posible la afiliación de nuevos usuarios y, además, brindará mejores prestaciones de calidad en cuanto a la señal de internet permitiéndole convertirse en un proveedor competitivo en la ciudad de El Ángel y la provincia del Carchi.

En el capítulo uno del presente estudio se introduce al tema y se describe la necesidad de la realización de este proyecto, además, se brinda toda la información teórica necesaria para la comprensión del mismo. En el capítulo dos se realiza un estudio inicial donde se presentan características de la red de radio enlace de la empresa ALFATEL y se analizan los requerimientos de la misma.

En el capítulo tres se presenta el diseño e implementación de la propuesta analizando los requerimientos por distrito y elección de los equipos a implementar. En el capítulo cuatro se muestra las configuraciones de equipos y pruebas que demuestran la conectividad y estabilidad de la red. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones generadas por la investigación del estudio técnico.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

ALFATEL es una empresa de telecomunicaciones que actualmente utiliza una red de distribución en base a radioenlaces, lo que les permite ofrecer comercialmente planes de internet que van desde los 4Mbps hasta 10 Mbps para residencias y desde los 15 Mbps hasta los 20 Mbps para microempresas.

Debido al crecimiento del sector en estudio, principalmente en el área comercial y por los requerimientos de conectividad propios que exigen la cuarentena vigente en nuestro país los enlaces son insuficientes y actualmente ya no cumplen las exigencias que demanda el mercado.

Uno de los principales problemas que han reportado los usuarios es el limitado ancho de banda que se puede ofrecer usando radio enlaces frente a nuevas tecnologías, además de la inestabilidad por diversos factores como cambio climático e interferencias visuales o electromagnéticas, entre otros.

Estos inconvenientes provocan que los clientes residenciales y corporativos como las pymes tengan problemas recurrentes en cuanto a la confiabilidad de sus enlaces contratados, provocando que la empresa se vea afectada en su imagen y en muchos casos pierda a los usuarios insatisfechos con el servicio.

Debido a esta situación ALFATEL necesita entender los beneficios que pueden presentar las tecnologías de red existentes como la tecnología FTTH con el estándar GPON, la cual será objeto de estudio en el presente trabajo. La tecnología FTTH ha sido muy usada en países asiáticos y europeos donde brindan prestaciones en el sector de las telecomunicaciones a hogares y empresas dado que usa fibra óptica de punta a punta (Chayña, 2017).



## **1.2 Justificación**

En la ciudad El Ángel ubicada en la provincia del Carchi se ha percibido la necesidad de mejorar la red de internet y llevar a cabo un cambio de tecnologías de acceso para elevar las velocidades de conexión y ampliar el alcance de cobertura. Al ser uno de los principales proveedores de servicios de Telecomunicaciones en la ciudad de El Ángel, ALFATEL ha decidido optimizar su red inalámbrica punto-multipunto con el cual provee el servicio de internet a sus afiliados.

En los últimos años, ALFATEL ha presentado una creciente demanda de planes de internet, sin embargo, las limitaciones técnicas que posee y la infraestructura inalámbrica que actualmente dispone ha frenado el crecimiento de la empresa y el servicio de los usuarios, generando inconvenientes que no han logrado superar hasta la presente.

El incremento de la necesidad en los clientes en poseer una velocidad más acorde a las tecnologías actuales exige a las empresas que prestan servicios de telecomunicaciones a innovar y a actualizar sus redes.

La red que ALFATEL tiene implementada actualmente no es capaz de cumplir de forma satisfactoria con las necesidades presentes, por tal motivo es importante y de relevancia la implementación de nuevas tecnologías que beneficien y cumplan con la demanda de los usuarios. Por otra parte, contar con una infraestructura de red, que brinde los beneficios de las tecnologías actuales es de vital importancia para contribuir en la mejora de la calidad de vida de los usuarios.

Es por esto que el tipo de red de fibra óptica FTTH basado en el estándar GPON suministra las cualidades características de la misma, como garantizar un ancho de banda y velocidad que cumpla con las necesidades actuales como una mayor estabilidad en el servicio de internet y demás aspectos que contribuyen a una mejor calidad de vida en los usuarios (Prieto, 2014).

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Desarrollar la red de fibra óptica FTTH basado en el estándar GPON de la empresa ALFATEL para proveer servicios de Internet en la ciudad El Ángel provincia del Carchi.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el estado actual de la red de acceso de radio enlace que posee ALFATEL en la ciudad EL Ángel.
- Realizar el levantamiento urbano de la ciudad con sus diferentes puntos referenciales para el despliegue de la red de distribución.
- Diseñar la red GPON con sus segmentos de distribución y acceso en base a fundamentos técnicos.
- Implementar la red GPON configurando los dispositivos ópticos desde la red del proveedor hasta la red del abonado de acuerdo con los parámetros definidos en el diseño.
- Realizar las pruebas de funcionalidad y conectividad analizando el desempeño de una muestra de red en el segmento del proveedor y del abonado.

### **1.4 Marco conceptual**

A lo largo de la fundamentación teórica se describirán características de la fibra óptica y conceptos necesarios para la comprensión del presente trabajo.

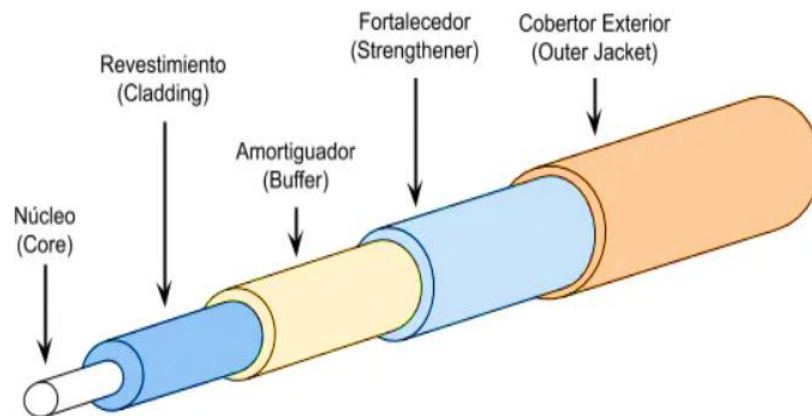
#### **1.4.1 Fibra Óptica**

La fibra óptica es un medio a través del cual se transmite información, está compuesta de un hilo muy delgado transparente pudiendo ser éste de vidrio o plástico y mediante el cual se transportan pulsos de luz láser o led, dichos pulsos son los que llevan los datos de información a grandes velocidades y superando distancias de otros medios de transmisión como el cobre o medios inalámbricos (Castro, 2019).

Debido a que el filamento interno es un elemento frágil, es necesario que se encuentre protegido, a continuación, se aprecia en la Figura 1. 1 Componentes de la fibra óptica

las capas que protegen el interior, consiguiendo que la manipulación e instalación del cable sea más sencilla, por otra parte, el revestimiento del núcleo trabaja en conjunto para lograr el medio que permita la transmisión de pulsos de luz a través del cable.

Figura 1. 1 Componentes de la fibra óptica



Recubrimiento de la fibra óptica, Fuente: (CCNA Cisco, 2018).

### **Ventajas del uso de fibra óptica**

- Transmite grandes cantidades de información, actualmente es posible transmitir con dos fibras ópticas de forma simultánea hasta 60000 conversaciones.
- Un cable de fibra óptica puede incluir hasta 200 fibras ópticas lo que eleva la capacidad de transmisión de forma simultánea (Altamirano, 2017).
- Al comparar la fibra óptica se tiene que un cable multipar puede transmitir hasta 500 conversaciones, un cable coaxial ofrece la posibilidad de hasta 10.000 conversaciones y un enlace por microondas o satélite ofrece la transmisión simultánea de hasta 2.000 conversaciones, por lo que la gran capacidad de transmisión de información sin duda es su mejor ventaja.
- Tiene un diámetro más liviano y pequeño que un cable de cobre con similar capacidad, lo que le da ventaja en la instalación.
- La interferencia electromagnética o de radiofrecuencia no afecta a la fibra óptica, y ésta no produce interferencia por sí misma, lo que la convierte en el material ideal cuando se trata de comunicación en ambientes hostiles.

- Ofrece una alta seguridad, ya es muy complejo intervenirla, mientras que señales de comunicación generadas por satélite o radio son más sencillas de intervenir para su decodificación (Tomasi, 2003).
- Es indiferente a condiciones de humedad y temperatura e incluso tiene intervención en aplicaciones submarinas.

### **Desventajas del uso de fibra óptica**

- Tiene un coste elevado en la conexión
- Los costos de los equipos para la instalación son mucho más elevados que los utilizados en una instalación de cobre.
- El personal debe ser especializado para maniobrar la fibra de manera adecuada y evitar pérdidas.
- Si existe una complicación en campo es compleja su restauración.
- Es frágil en cuanto a maniobras de curvatura debido a que internamente puede dañarse el filamento de la fibra óptica, el radio de curvatura está entre los 3 a 7 cm en un PatchCord (Chauca, 2020).

### **1.4.2 Tipos de fibra óptica**

En referencia al modelo de propagación se evidencian dos grupos de fibras: fibra monomodo y multimodo.

#### ***1.4.2.1 Fibra monomodo.***

La fibra monomodo brinda la mayor capacidad en cuanto a transmisión de información se refiere, posee una buena velocidad de transferencia y permite enviar información a distancias mayores a 10 km, posee una banda de paso en valores de 100 GHz/km, el tamaño del diámetro de estas fibras varían entre los 8 y 10  $\mu\text{m}$ , lo que permite que su índice de refracción sea constante convirtiendo la propagación en un único modo de luz sin reflexión (CCNA Cisco, 2018).

En la Figura 1. 2 Fibra óptica monomodo se presenta la forma de transmisión de la fibra óptica monomodo, en dicha figura se observa que la transmisión del haz de luz viaja a través del núcleo en línea recta de una sola forma.

Figura 1. 2 Fibra óptica monomodo

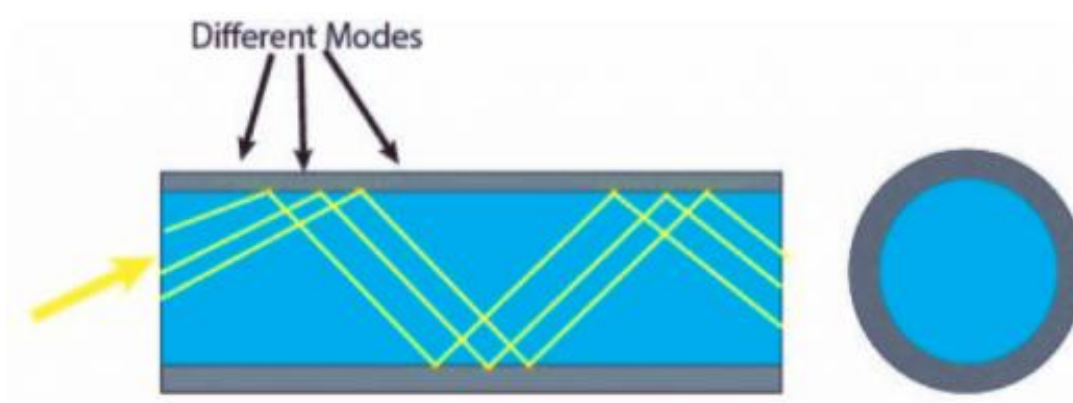


Tipo de fibra monomodo, Fuente: (CCNA Cisco, 2018)

#### ***1.4.2.2 Fibra multimodo.***

No se recomienda trabajar con este tipo de fibra en distancias superiores a 10 km, dado que permite que los haces de luz viajen a más de mil modos diferentes teniendo como consecuencia la reflexión de la luz hacia el núcleo a la vez que viaja a través de él, esto hace que el margen de error se incremente para instalaciones a grandes distancias. Sin embargo, este tipo de fibra es la preferida en comunicaciones a cortas distancias. En la Figura 1. 2 Fibra óptica monomodo se muestra la forma de transmisión de la fibra óptica multimodo, en dicha figura se observa que la transmisión de la información viaja a través del núcleo de varias formas debido a la reflexión del haz de luz.

Figura 1. 3 Fibra óptica multimodo



Tipo de fibra multimodo, Fuente: (CCNA Cisco, 2018)

### **1.4.3 Redes de acceso**

Se entiende por red de acceso al grupo de elemento que sostienen los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios en los hogares o corporaciones y el proveedor de servicio (Barba, 2007). Las redes de acceso también son conocidas como redes de última milla, este término se empezó a usar en telefonía para referirse a la conexión entre el usuario y la empresa de telefonía, cada una de las conexiones entre los clientes y las centrales proveedoras del servicio conforman la conocida red de acceso o red de última milla (Chayña, 2017).

Existen varias tecnologías de acceso que permiten la conexión algunas de ellas son más usadas que otras debido a sus características y ventajas, y entre ellas tenemos:

- Línea Digital de Suscriptor (xDSL)
- Ethernet Over Coaxial (EOC)
- Redes Híbridas de fibra y cable (HFC)

#### **Redes FTTX**

- FTTN (Fiber to the Node)
- FTTC (Fiber to the Curb)
- FTTB (Fiber to the Building)
- FTTE (Fiber to the telecom enclosure)
- FTTP (Fiber to the Premises)
- FTTD (Fiber to the Desk)
- FTTH (Fiber to the Home)

Adicional, en una red de acceso podemos encontrar generalmente los elementos siguientes:

#### **Terminación de Línea Óptica (OLT)**

Es un dispositivo pasivo ubicado en el nodo de la distribución y que se utiliza como punto final del proveedor (Marchukov, 2011).

### **Equipo Terminal de Red óptica (ONT)**

También es conocida como Unidad de Red Óptica (ONU) y es el terminal ubicado en donde se van a recibir los servicios, puede ser la casa o empresa del usuario, este terminal brinda las interfases de usuario.

### **Red óptica de Distribución (ODN)**

Se trata de un nodo que reparte la señal desde la central de servicio hasta los lugares de los usuarios, está formado por splitters (dispositivo pasivo que direcciona la señal originada del OLT hacia los usuarios), tramos de fibra óptica, uniones y conectores (Marchukov, 2011).

#### **1.4.4 Redes FTTH**

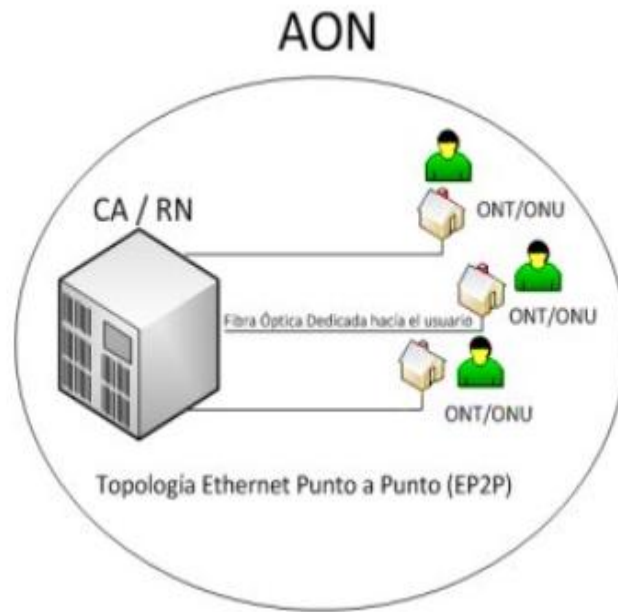
La tecnología de red FTTH proporciona un ancho de banda más grande y con una mejor calidad en la conexión para los usuarios, esta tecnología se ha vuelto una de las más utilizadas por los proveedores que incluso optan por migrar a esta tecnología y estar a la par con los requerimientos del mercado. Las redes FTTH son sistemas formados por fibra óptica con capacidad de soportar toda la exigencia de ancho de banda del mercado actual y creciente (Castro, 2019).

Esta tecnología se puede clasificar en dos categorías: activas y pasivas (Cortés, 2019).

##### ***1.4.4.1 Redes ópticas activas (AON).***

Estas redes (AON, Active Optical Network), usan una topología tradicional basada en Ethernet punto a punto como se presenta en la Figura 1. 4 Red óptica activa, y mediante fibra óptica dedicada desde la central y una línea terminal de red óptica hasta el punto de recepción del servicio, las redes ópticas activas proveen velocidades que superan el 1Gbps por puerto sobre una única fibra utilizando dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica (Castro, 2019).

Figura 1. 4 Red óptica activa



Red óptica activa AON, Fuente: (Cortés, 2019)

#### ***1.4.4.2 Redes ópticas pasivas (PON).***

Las redes ópticas pasivas (PON, Passive Optical Network) son un sistema de comunicación por fibra óptica que funciona a través de una comunicación punto-multipunto, y como se observa en la Figura 1. 5 Red óptica pasiva las redes ópticas pasivas PON trabajan reemplazando los componentes activos entre la Unidad Óptica de Red (ONU) y la Terminal de Línea Óptica (OLT) por elementos ópticos pasivos como el Divisor Óptico y el Multiplexor Óptico que se utiliza para guiar el tráfico (Correa & Serpa, 2010).

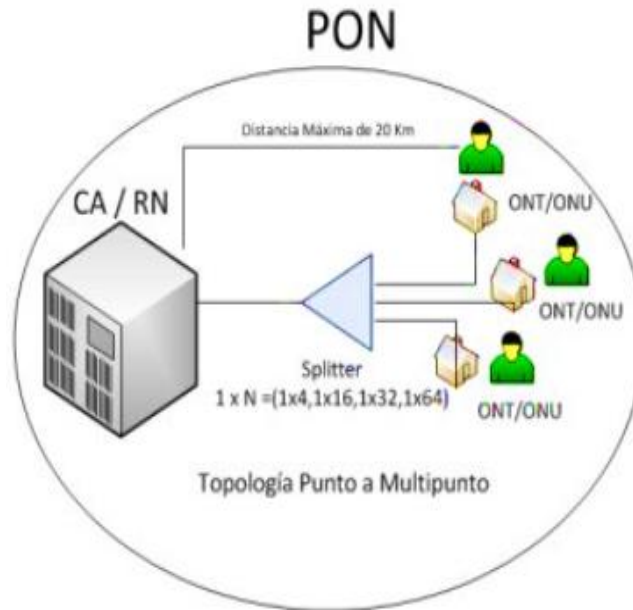
La tecnología PON ha atravesado por diferentes estándares de calidad delimitados por la UIT-T y la IEEE en ciertos casos. Los tipos más comunes de redes ópticas pasivas son: Gigabit Passive Optical Network (GPON) y Ethernet Passive Optical Network (EPON).

Entre las principales ventajas de las PON son:

- Menores costes operativos del desarrollo de la red.
- Anulación de conmutadores Ethernet
- Se necesita menor infraestructura
- Cantidades grandes de cables son sustituidos por un cable de fibra óptica



Figura 1. 5 Red óptica pasiva



Red óptica pasiva PON, Fuente: (Cortés, 2019)

### **Topología de la Red Óptica Pasiva (PON)**

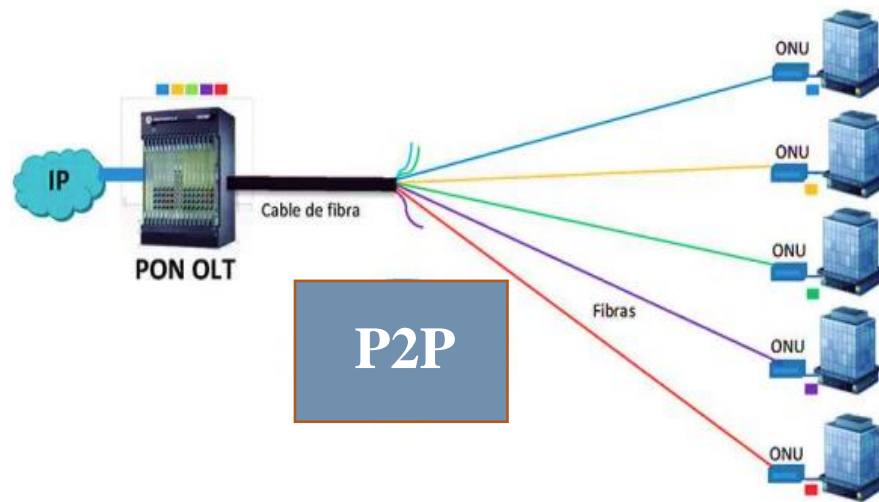
Existen dos tipos de topología que serán descritas a continuación.

#### ***Punto a punto (P2P)***

Las redes punto a punto brindan un mayor ancho de banda ya que cada afiliado posee una fibra que lo enlaza a la central, esta se considera una topología recomendada para corporaciones de mediano y gran tamaño. Este tipo de redes presenta un coste elevado debido a que son enlaces dedicados, no son sistemas que se utilicen comúnmente en arquitecturas de fibras residenciales. Este sistema usa diferentes longitudes de onda para cada servicio (voz, datos, IPTV).

La Figura 1. 6 Configuración punto a punto muestra la forma de conexión del tipo punto a punto en una red pasiva PON.

Figura 1. 6 Configuración punto a punto



Configuración punto a punto, Fuente: (Castro, 2019)

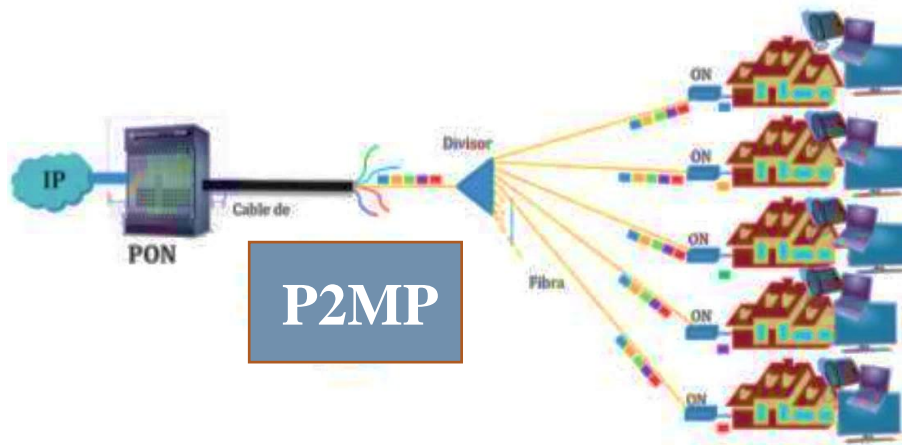
#### ***Punto a multipunto pasivo(P2MP)***

En las redes punto a multipunto pasivo cada una de las fibras que forman parte de los cables que salen de las centrales proveen de servicio a varios afiliados a través de divisores ópticos, esta topología es la más utilizada en aplicaciones residenciales o usuarios cuya demanda de ancho de banda no es elevada.

En este tipo de redes, los datos se mueven a través de la fibra y desde la central llegan a todos los abonados enlazados a la misma fibra, sin embargo, gracias a las distintas técnicas de multiplexación de tramas de información se asegura que cada usuario reciba la información correcta. Este tipo de arquitectura logra sin problemas distancias de 20km, lo que la convierte en la más utilizada gracias a la versatilidad para su implementación en zonas urbanas.

En la Figura 1. 6 Configuración punto a punto se percibe la forma de conexión del tipo punto a multi punto pasivo en una red pasiva PON, donde desde la central llega la información a los usuarios a través de un mismo cable de fibra.

Figura 1. 7 Configuración punto a multipunto pasivo



Configuración punto a punto, Fuente: (Castro, 2019)

#### 1.4.5 Tipo de Redes PON

Existen varios tipos de tecnología que se dividen de las redes PON, y las cuales se describen a continuación:

##### **APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)**

Esta red basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM con una velocidad de hasta 155Mbps que se divide entre la cantidad de ONU que estén enlazados. Una de sus desventajas se centra en la imposibilidad de manejar video, esto debido a la falta de longitud de onda asignada para esta acción (Arias , 2015).

##### **BPON (Broadband Passive Optical Network)**

La red óptica pasiva de banda ancha es una versión mejorada de la tecnología APON, la cual permite acceder a más servicios como Ethernet, VPL, distribución de video y multiplicación de longitud de onda, con lo cual logra un mejor ancho de banda.

Acepta un tráfico descendente de 622 Mbps y ascendente de 155 Mbps y un tráfico simétrico de 622 Mbps. Por puerto BPON se puede tener hasta 64 afiliados y logra un alcance de hasta 20 Km.

### **EPON (Ethernet Passive Optical Network)**

Por enero del 2001 fue constituido por la IEEE un grupo de estudio conocido como Ethernet en la Última Milla, de este grupo de trabajo se obtuvo una especificación de redes pasivas ahora conocidas como EPON, la principal diferencia de esa arquitectura con las anteriores es que no transporta celdas ATM, sino tráfico Ethernet.

EPON utiliza el estándar 8b/10b que es una codificación de línea y siempre que es posible incluye la utilización de full dúplex de acceso al medio.

Entre sus mejores ventajas se puede mencionar:

- Calidad de servicio en sentido descendente y ascendente
- Da facilidad a la llegada con fibra hacia los afiliados
- Permite reducir la complejidad de los sistemas de gestión

### **GPON (Gigabit Passive Optical Network)**

El principal objetivo de GPON es brindar un ancho de banda mucho más grande que sus tecnologías hermanas anteriores, y alcanzar una mayor efectividad en el transporte de servicios con base en IP (Chillo, 2017).

Las velocidades que ofrece esta tecnología superan por mucho a las anteriores, siendo de 2.4888 Gbps para el canal descendente y de 1.244 Gbps para el canal ascendente, lo cual brinda velocidades bastante altas para los afiliados, ya que si se realizan las configuraciones correctas las velocidades pueden alcanzar los 100 Mbps para cada suscriptor. Esta tecnología se basa en BPON en referencia a la arquitectura, ofreciendo cobertura de hasta 20 Km y una buena seguridad a nivel de protocolo.

### **GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)**

Esta tecnología combina las bondades de Gigabit Ethernet y PON, este sistema facilita bastante la instalación con fibra hasta cada usuario, debido a que utiliza los equipos de Ethernet al usar interfaces reduciendo así el costo de instalación. Entre las principales ventajas de esta tecnología se encuentran:

- Posee un ancho de banda seguro para utilizar diferentes servicios

- Permite grandes distancias entre los equipos distribuidores y los afiliados, hasta 20 Km
- Para disminuir los costes, varios usuarios pueden utilizar una sola fibra

#### **1.4.6 Red GPON**

Esta tecnología otorga los beneficios de todos los sistemas de telecomunicaciones sobre una sola infraestructura de red que se basa en la tecnología IP, es una red pasiva donde no se va a encontrar repetidores o fuentes de poder, sino, solo splitters, acopladores o atenuadores (Benavides , 2016).

La principal característica de esta tecnología es su ancho de banda, dado que la velocidad de GPON es muy alta y alcanza los 2.5 Gbps, otorgando un ancho de banda lo suficiente para cumplir con todos los requerimientos actuales que exige el mercado. Consta de varios protocolos para la seguridad de la información, el método que utiliza para la encapsulación es GEM (GPON Encapsulation Model).

#### **Descripción del ancho de banda**

GPON se convierte en la generación número tres de la tecnología PON y la número dos desarrollada por el grupo FSAN (Castro, 2019).

Los protocolos de GPON se especifican en el ITU-T G984 serie, GPON fueron creados para soportar grandes tasas de datos que fueron cambiando junto con la tecnología. La norma ITU-T G984.x donde x puede tomar distintos valores, es extensa y compleja, la cual ayuda a sentar bases para certificaciones y diseños de topologías GPON, y que además brinda un criterio cuyo objetivo es aprovechar al máximo los recursos, además de sugerir modelos de diseños.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO INICIAL**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Descripción de la empresa**

ALFATEL es una empresa enfocada en proveer acceso a internet garantizando su calidad en diferentes sectores urbanos y rurales en la provincia del Carchi. En sus comienzos su visión era brindar servicio de internet a zonas rurales en el Cantón Montúfar, sin embargo, en la actualidad su cobertura se ha expandido a las ciudades de Bolívar y El Ángel.

##### **2.1.2 Cobertura de la empresa ALFATEL**

En la actualidad, la empresa ALFATEL brinda cobertura a los siguientes cantones en la provincia del Carchi.

- Cantón Montúfar
- Cantón Bolívar
- Cantón Espejo
- Cantón San Pedro de Huaca
- Cantón Tulcán

En el cantón Espejo se encuentra la ciudad El Ángel, que es donde se realizará el desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON.

#### **2.2 Descripción de la red de radio enlace de la empresa ALFATEL**

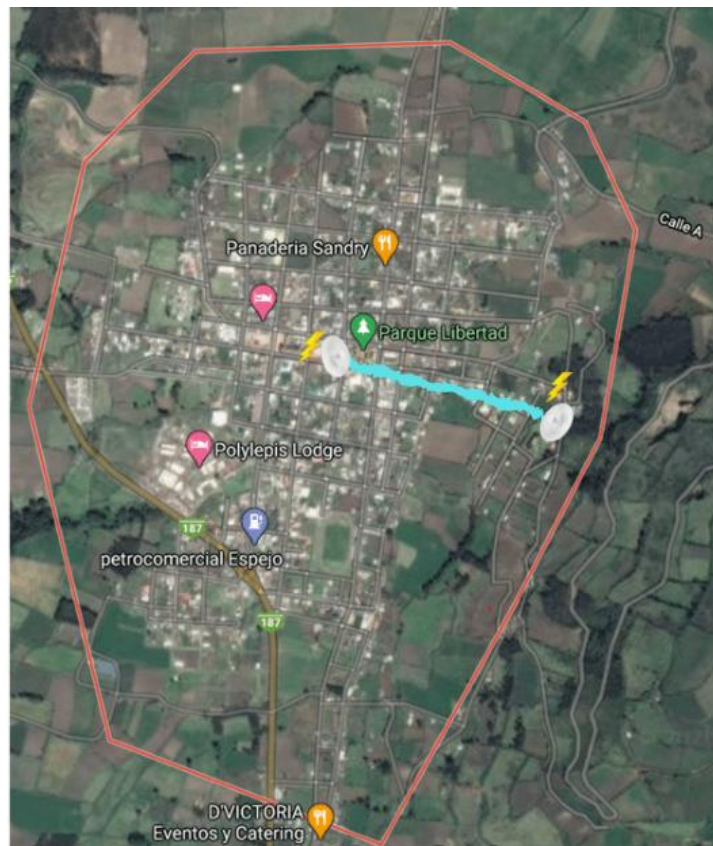
La infraestructura de provisión que actualmente posee ALFATEL, se basa en un sistema de radio enlace el mismo que requiere de una línea de visión que permita la transferencia de información entre la antena transmisora y receptora, también es importante establecer de forma correcta el rango en el que estarán las frecuencias a utilizar debido a los distintos obstáculos que se pueden encontrar en el medio de transmisión.

### 2.2.1 Ubicación

El Ángel es una ciudad perteneciente a la Provincia del Carchi, situada en la Cordillera de los Andes Ecuatorianos, y es la cabecera cantonal del cantón Espejo. Según el último censo del año 2010, posee una población de 4.497 habitantes de los cuales aproximadamente el 30% cuenta con servicios de instalación de internet fijo, dividiéndose en consumidores residenciales, corporativos y pequeñas pymes (INEC, 2010).

La red de radio enlace de la empresa ALFATEL se encuentra ubicada en la oficina de la ciudad El Ángel en las calles Esmeraldas y Salinas y la antena receptora a una distancia de 6 kilómetros hacia la montaña. En la Figura 2. 1 Radio enlace troncal de ALFATEL se observa el trayecto del enlace troncal entre la antena transmisora y receptora.

Figura 2. 1 Radio enlace troncal de ALFATEL



Radio enlace punto a punto, Autor: Jorge Sánchez.

En la Tabla 2. 1 Coordenadas georeferenciales de la ubicación de las antenas se describen las coordenadas georeferenciales de las antenas transmisora y receptora de la troncal de radio enlace.

Tabla 2. 1 Coordenadas georeferenciales de la ubicación de las antenas

Coordenadas	ALFATEL oficina	Montaña
Latitud	0.621004	0.619795
Longitud	-77.940189	-77.934073

Tabla de coordenadas de la ubicación de las antenas, Autor: Jorge Sánchez.

### 2.2.2 Análisis de la red actual de provisión de ALFATEL

La red de radio enlace de la empresa ALFATEL tiene como proveedor a la empresa NEDETEL, la misma que provee un ancho de banda de 160 MHz a través de un enlace troncal llegan que llega a los cuatro puntos de acceso con una topología punto-multipunto.

Actualmente, la red de radio enlace de la empresa ALFATEL en la ciudad El Ángel cuenta con aproximadamente 50 afiliados, que reciben planes comerciales de entre 4, 5, 7 y 10 Mbps. La red opera con un Router MikroTik Rb3011, el cual realiza funciones de balanceador, asignador de IP y controlador de ancho de banda, se recomienda revisar el enlace <https://cutt.ly/7kLIQNF>, para observar a detalle las características técnicas de este equipo.

La solución actual que brinda ALFATEL se basa en el uso de antenas de transmisión y recepción del enlace troncal, las antenas son de la marca Ubiquiti y corresponden al modelo Power Beam 5AC-400, cuyas características principales son las de proveer una ganancia de 25 dBi, acepta 450 Mbps reales TCP/IP y trabaja en el rango de frecuencias de entre 5150 y 5875 MHz, para estudiar demás características técnicas de la antena Power Beam 5AC -400 revisar el enlace <https://cutt.ly/BkLzvtl>.

Las redes de radio enlace han ido entregando mejoras en cuanto al acceso a la información y la tecnología PoE (Power Over Ethernet) ha hecho que el mundo de las redes inalámbricas evolucione, por lo que un switch PoE posee una compatibilidad



plena. El modelo con el que trabaja la empresa ALFATEL en cuanto a switch es el UniFi Administrable de 8 Puertos -150 W, entre sus principales características se encuentra una tasa de reenvío de 14.88 Mpps y una capacidad de conmutación de 20Gbps, se recomienda revisar el enlace <https://cutt.ly/XkLxqRE>, en donde se muestran características técnicas adicionales.

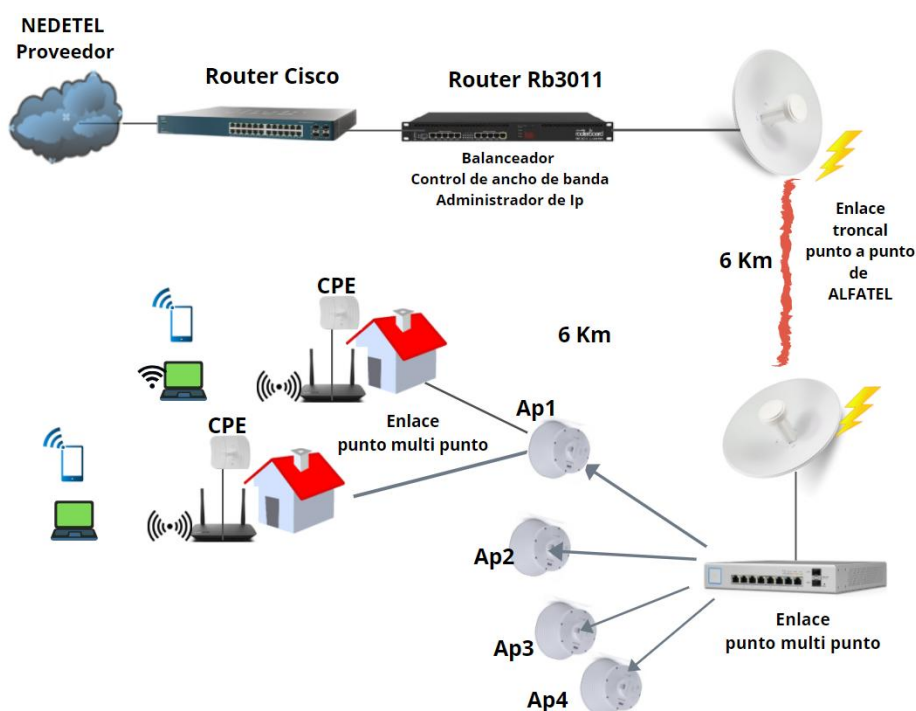
En su estructura actual, la red de radio enlace de la empresa ALFATEL presenta 4 AP, cada AP trabaja con un espectro de 5 GHz y 20 MHz de ancho de banda y a través de un enlace punto-multipunto y cada uno cubre a 10 usuarios. Los APs de la empresa ALFATEL son antenas Iso M5 de la marca Ubiquiti, las cuales trabajan con un ángulo de 60° grados y se encuentran configuradas con la dirección IP 192.168.124.0/24. Especificaciones técnicas y patrones de radiación de los APs se muestran en el enlace <https://cutt.ly/2kLxdgF>.

En el punto donde se encuentra cada usuario, la señal es recibida a través de una antena Ubiquiti Nanostation M5 para hogar, esta antena provee una ganancia de 16dBi, dispone de 150Mbps en su tasa de transmisión y alcanza una distancia de 15 Km. Esta antena también recibe el nombre de CPE (Costumer Premises Equipment) o también llamadas como equipo local del cliente y ALFATEL les ha designado la IP 192.168.3.0/24. Características técnicas adicionales de la antena pueden ser revisadas en el enlace <https://cutt.ly/KkLxGQY>.

Desde el CPE, se baja hacia un router inalámbrico en el interior de cada domicilio, el trabajo del router es gestionar el tráfico de datos que viaja a través de una red, los router Wi-Fi para el hogar incluyen 4 puertos para la red local (LAN) y un puerto ethernet, el cual es usado para conectar el módem de internet, este último es conocido como puerto WLAN. El modelo del router con el que trabaja la red de radio enlace de ALFATEL es el Wr840n de la marca Tp-Link, este router presenta una velocidad inalámbrica de 300Mbps y trabaja a frecuencias de 2.4 GHz. Características técnicas adicionales del router Wr840n son presentadas en el enlace <https://cutt.ly/WkLxNPr>.

En la Figura 2.2 se aprecia la configuración de la red de radio enlace con la que trabaja la empresa ALFATEL.

Figura 2. 2 Estructura de la red de enlace inalámbrico de ALFATEL



Estructura de la red inalámbrica de ALFATEL, Autor: Jorge Sánchez.

En la Figura 2. 3 Cobertura de los AP a toda la ciudad de el Ángel se observan el perfil topográfico y la ubicación de los puntos de acceso que cubren a la ciudad el Ángel.

Figura 2. 3 Cobertura de los AP a toda la ciudad de el Ángel



Cobertura de la red de enlace inalámbrica en El Ángel, Autor: Jorge Sánchez.

### 2.2.3 Detalles de los enlaces

En el presente apartado se muestran las características de la señal de internet que es recibida actualmente por los usuarios de la empresa ALFATEL y para tener un enfoque más claro en cuanto a eficiencia de la señal se analiza una muestra probabilística. Según Aguilar (2015), ésta puede ser determinada con la ayuda de la Ecuación 2.1.

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q} \quad \text{Ec. (2. 1)}$$

De donde:

$n$  es el tamaño de la muestra

$N$  es el tamaño de la población

$Z_a$  es el nivel de confianza

$p$  es la variabilidad positiva

$q$  es la variabilidad negativa

$E$  es la precisión o error máximo permisible

$$n = \frac{40 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (40 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 36.31$$

Como el tamaño de la población corresponde a 40 abonados actuales de la red de radio enlace, se obtiene por lo tanto que es coherente realizar un análisis de la señal recibida a 36 usuarios para obtener un error máximo del 5%. En la Tabla 2. 2 Características de la señal recibida por los abonados se observan las características de la señal presentas por el cliente más cercano y el más lejano, adicional, se muestra el promedio del análisis de la señal obtenida por el total de la muestra previamente definida.

Tabla 2. 2 Características de la señal recibida por los abonados

Parámetros	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio
Distancia a la central	0.2Km	7.2 Km	3.4 Km
Intensidad de la señal	-59 dBm	-71 dBm	-65 dBm
Transmisión CCQ	98.1%	78.2%	89.6%

Parámetros de señal recibida por los usuarios de ALFATEL, Autor: Jorge Sánchez.

Al observar la Tabla 2.2, se puede entender que la intensidad de la señal decae a medida que un abonado tiene una posición más alejada de su respectivo AP, la intensidad de una señal se mide en dBm que corresponde a una medida logarítmica de potencia en relación a una mili vatio, se sabe que entre más se acerque a cero la intensidad de la señal es mejor, de lo que se puede decir que el usuario más alejado posee menos intensidad en su señal, a diferencia del afiliado más cercano.

En cuanto al parámetro CCQ, que hace referencia a la calidad en la conexión del cliente, es un valor que define la relación entre la tasa de transmisión Tx y la tasa de recepción Rx y su objetivo es indicar que tan efectivo es el ancho de banda con respecto al valor teórico de la tecnología, por lo que se puede afirmar que el usuario más cercano mantiene una mejor calidad en su señal respecto al usuario más alejado que se encuentra a una distancia mucho mayor del AP correspondiente.

Además, también se percibe la presencia de fuertes vientos en la zona, los cuales pueden influir en las posiciones de los CPE e incidir directamente en la intensidad y calidad de la señal que recibe un usuario, adicional las manipulaciones externas que la antena CPE puede recibir al estar ubicada comúnmente en las terrazas donde varias personas tienen acceso.

### **2.3 Problemas detectados**

Luego de estudiar la estructura de la red de radio enlace utilizada por ALFATEL y las características de los enlaces, se determinan los siguientes problemas:

- Disminución en la intensidad y calidad de la señal, la cual es afectada de manera directa por la distancia a la que se encuentre ubicado el abonado, entre más lejos se encuentre un abonado del AP, recibe una menor intensidad en la señal.
- No se puede brindar el servicio a ciertos puntos de la ciudad que se encuentran afectados por la falta de una línea de vista.
- Los fuertes vientos de la zona influyen en transmisión y recepción desde y hacia las antenas (CPE) lo que a su vez provoca disminución de la calidad.

## **2.4 Requerimientos**

De acuerdo con los problemas detectados, los principales requerimientos del sector para optimizar sus conexiones a internet son:

- Mejor calidad de la señal de internet para coadyuvar a las necesidades de los usuarios en sus actividades comerciales y educativas permitiendo el envío de datos de una manera más rápida y segura
- Las actividades de los abonados requieren mayor ancho de banda en sus conexiones para promover los servicios comerciales y la creciente producción del sector
- Se requieren enlaces que brinden una mayor estabilidad de la señal a fin de evitar interferencias y cortes del servicio.
- Ampliar el área de cobertura para nuevos usuarios, los cuales no pueden acceder debido a problemas en la línea de vista, lo que repercute en la calidad de vida de los usuarios y en el crecimiento de ALFATEL como empresa.
- Reducción de visitas técnicas por fallas en la conexión debido al desplazamiento de la antena por los fuertes vientos propios de la localidad.
- Brindar a ALFATEL la oportunidad de competir y expandirse en el mercado frente a la actual demanda y nuevas tecnologías existentes.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 Generalidades

El diseño y la implementación del presente estudio técnico surge de la necesidad de cubrir las exigencias de los actuales abonados de ALFATEL y ampliar la cobertura del servicio a potenciales clientes que no han sido atendidos debido a diversos factores que presenta la red de radio enlace con la que cuenta ALFATEL.

##### 3.1.1 Metodología

El presente estudio corresponde a una investigación del tipo experimental y cualitativo, puesto que se da experimentalmente el desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON para la empresa ALFATEL, de igual forma se describen las características de la tecnología implementada en este trabajo, con el cual se pretende dar solución al problema de ancho de banda y garantizar el acceso a voz, datos y aplicaciones actuales que manejan realidad virtual y cuentan con más exigencias.

##### *3.1.1.1 Fases de la metodología.*

El presente estudio tiene como fase inicial la recopilación bibliográfica de las redes FTTH y la tecnología GPON para la comprensión de sus cualidades y beneficios. En, esta fase se realiza también un análisis de las necesidades de los actuales abonados de ALFATEL y los requerimientos de potenciales futuros clientes de la empresa.

En la fase 2 se realiza el diseño de la red FTTH con tecnología GPON considerando la distribución de los distritos, cálculos de cable, cajas de distribución y dispersión, splitters, herrajes y demás elementos necesarios para su posterior implementación. En esta fase también se desarrolla la planificación de la obra física, tendido de cable, armado de NAPs y se selecciona los equipos a utilizar.

En la fase 3, finalmente se lleva a cabo la implementación de la red FTTH con tecnología GPON para la empresa ALFATEL en la ciudad El Ángel, esta implementación se subdivide en una etapa de tendido de cable aéreo y obra física, y otra etapa de configuración de equipos en la oficina central y por último la

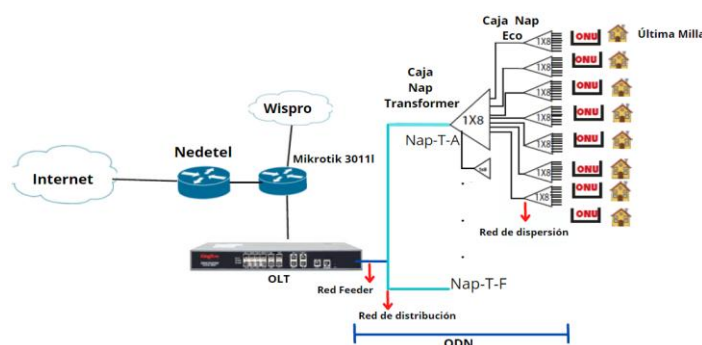
configuración de las ONU en el domicilio de los abonados. En esta fase también se realizan las pruebas de conectividad necesarias para la evaluación de desempeño de la red FTTH con tecnología GPON.

### 3.2 Diseño de la red GPON

Para el diseño de la red GPON se toman en cuenta los requerimientos que impone el servicio de las telecomunicaciones, características de demanda, cantidad de abonados actuales y futuros, y demás elementos necesarios para garantizar el servicio y la calidad QoS requerida al proveer un ancho de banda que facilite la transmisión de señales de datos, videos y voz a través de la misma red. Entre los pasos previos al diseño de la red, se realizaron actividades como la georreferenciación de las cajas y postes y la creación de una base de datos de los abonados que migrarán a la tecnología de fibra óptica.

En la Figura 3. 1 Esquema de la Red GPON de la empresa ALFATEL se visualiza el esquema de la red GPON implementado en el presente estudio técnico, el cual consta de tres partes principales que son la OLT (Optical Line Terminal), ODN (Optical Distribution Network) y ONT (Optical Network Terminal). La ODN comprende la red *feeder*, la red de distribución y la red de dispersión, y su dispositivo fundamental es el splitter cuya función es bifurcar las señales a las ONTs de los abonados.

Figura 3. 1 Esquema de la Red GPON de la empresa ALFATEL

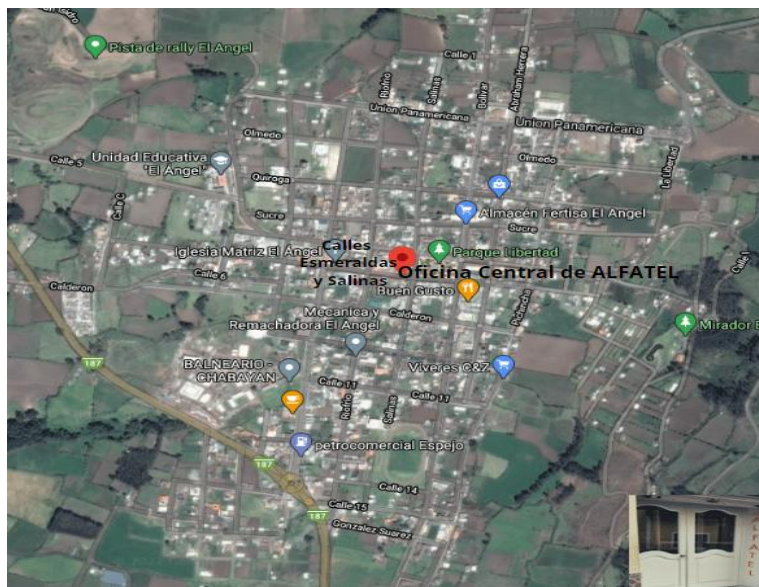


Estructura de la red GPON, Autor: Jorge Sánchez.

De acuerdo con el análisis inicial realizado, se consideró que la oficina central de ALFATEL donde se concentrarán los equipos importantes de distribución óptica estará ubicada en las calles Av. Esmeraldas y Av. Salinas. En la Figura 3. 2 se presenta

la ubicación geográfica de la oficina central de ALFATEL cuyas coordenadas son 0.621004 y -77.940189, correspondientes a la latitud y longitud respectivamente.

Figura 3. 2 Ubicación geográfica de la oficina central de ALFATEL



Ubicación geográfica de la oficina central de ALFATEL, Autor: Jorge Sánchez

La oficina de ALFATEL cuenta con dos cuartos que corresponden a la parte administrativa y de facturación, un cuarto destinado al mantenimiento de equipos, un cuarto de telecomunicaciones en donde se encuentra el rack con los diferentes equipos de distribución óptica, un área destinada para materiales de infraestructura externa y bodegas. En la Figura 3.3 se muestra el rack con los equipos de telecomunicaciones necesarios que hacen posible la implementación de la red FTTH con tecnología GPON.

Figura 3. 3 Rack con los equipos configurados de la red FTTH



Rack en el cuarto de telecomunicaciones de la empresa ALFATEL, Autor: Jorge Sánchez



### **3.2.1 Red de dispersión**

Para la implementación de la red FTTH se consideró un tendido aéreo en su totalidad a partir de la sectorización de la ciudad en distritos, tomando en cuenta que se deben dejar puertos libres para expansiones futuras. Para ello se dispuso de los postes del tendido eléctrico para la colocación de los splitters y los cables de la fibra.

#### ***3.2.1.1 Rutas y áreas de dispersión.***

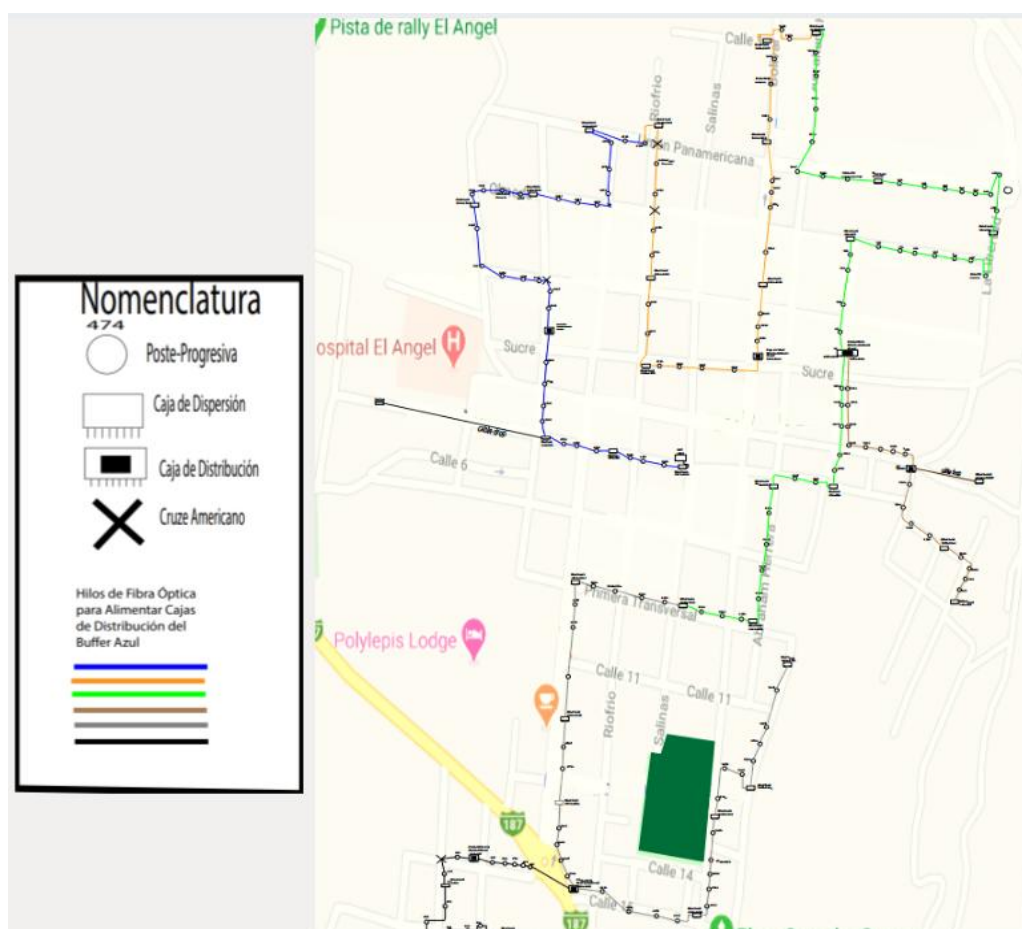
La sectorización en distritos considera la habilitación de 64 abonados por cada salida de fibra óptica. La unidad OLT se ubicó en la oficina central de ALFATEL, de este nodo principal se dividen 6 ramales que corresponden a cada distrito, donde cada ramal de cada distrito posee un splitter de capacidad 1:4 y sus ramales secundarios tendrán splitters de capacidad 1:8.

En la Figura 3. 4 Planimetría del tendido de fibra óptica de la empresa ALFATEL se observa cada distrito diferenciado por un color, así el hilo de color azul de fibra óptica corresponde al distrito A, el hilo naranja de fibra óptica señala el distrito B, el hilo verde indica el distrito C, el hilo café muestra el distrito D, el hilo de color gris señala el distrito E y finalmente el hilo de fibra óptica de color negro muestra el distrito F.

Existen tres tipos de esquemas para el tendido de la fibra óptica, entre los cuales se tiene el diagrama de pulpo, el diagrama de pescado y el diagrama tipo gusano. En el presente proyecto se trabaja con el diagrama de tipo gusano, como se muestra en la Figura 3.4 el diagrama se asemeja a la forma de un gusano, de allí su nombre, el esquema en forma de gusano brinda múltiples ventajas a la hora de la implementación, entre las principales se tiene una versatilidad para la instalación puesto que permite manejar fibras ópticas de pocos hilos, lo que hace de este diseño la mejor opción para implementación y reducción de costes.

En la implementación del tendido de fibra óptica se utilizaron en total 8000 metros de cable de fibra ADSS (All Dielectric Self Supported) de 12 hilos. Este cable se caracteriza por poseer una parte central que es usada como refuerzo y sirve de soporte en la manipulación de cable de fibra óptica, además presenta una adecuada estabilidad frente a cambios en el ambiente, se encuentra cubierto por un material de polietileno que es resistente a la luz solar y la humedad.

Figura 3. 4 Planimetría del tendido de fibra óptica de la empresa ALFATEL



Planimetría del tendido de fibra óptica, Autor: Jorge Sánchez.

Para el tendido de cable hacia el afiliado se usó una fibra óptica tipo drop de 2 hilos G6957, la misma que soporta hacer dobleces necesarios al realizar la instalación, y posteriormente se realizó la conexión con el dispositivo activo ONU en la ubicación del afiliado.

### 3.2.1.2 Cobertura de NAPs

Para la cobertura de las NAP (Network Access Point) se estructuraron 6 áreas de distribución de tal forma que cada caja principal soporte un máximo de 8 cajas de dispersión. En el presente proyecto se definieron seis distritos que incluyen su caja de distribución que corresponde al modelo NAP Transformer, el cual contiene terminales para cable troncal con protección IP68 de 16 puertos. Una de las principales ventajas de estas cajas NAP de distribución es que permiten la creación de clientes.

Cada caja de distribución posee un splitter de 1x8, es decir que tiene la capacidad de alimentar en total 8 cajas de dispersión. A su vez, cada caja de distribución tiene disponibilidad para llegar a 8 afiliados puesto que la capacidad del splitter actual es de 1x8, sin embargo, de existir la necesidad de expandir el sistema a más clientes, la solución es colocar otro splitter de capacidad 1x2 para así duplicar las reservas existentes.

Las NAPs utilizadas para la red de dispersión del presente estudio son las NAP Eco de 16 puertos como se observa en la Figura 3. 5. Actualmente, la empresa ALFATEL está proporcionando servicio de internet a través de fibra óptica a alrededor de 110 abonados.

### 3.2.1.3 Distritos

En la Figura 3.5 se observa la distribución de distritos de la red FTTH con tecnología GPON de ALFATEL para la ciudad El Ángel, se aprecia que la distribución de los distritos abarca toda la ciudad, esta distribución fue realizada en base a un análisis previo en donde se contempla la cantidad y ubicación de abonados de la red de radio enlace que pretenden migrar a la nueva red FTTH, de igual forma se consideró la cantidad y posición de nuevos clientes que decidieron contar con el servicio de internet a través de fibra óptica. En correspondencia a los parámetros ya mencionados, la red FTTH con tecnología GPON inicialmente contará con 110 clientes, de los cuales 35 corresponden a una migración de la red de radio enlace y 75 son nuevos abonados.

Figura 3. 5 Distribución de distritos de la red GPON de ALFATEL



Distribución de distritos de la red GPON de ALFATEL, Autor: Jorge Sánchez.

### Diagrama unifilar de las cajas de dispersión y distribución

El cable de fibra utilizado es ADSS de 12 hilos, esta fibra posee 2 buffer, uno azul y uno naranja. El buffer azul en su interior contiene 6 hilos que corresponden a los colores: azul, naranja, verde, café, gris y blanco, dicho esto, el hilo azul del buffer azul alimentará a la caja de distribución del distrito A, a su vez alimenta a un splitter de capacidad 1x8, este splitter va a alimentar a otro splitter de 1x8 para la creación de clientes. En el buffer naranja se hace una partitura a sus 6 hilos para alimentar 7 cajas de dispersión. La nomenclatura utilizada corresponde a DA-C1-H1-ALIM-BUFFER-AZUL, de donde:

DA= Distrito A

C1=El número de caja

H1= El número de hilo, como es el número uno corresponde al color azul

ALIM-BUFFER-AZUL= Que se alimenta del buffer azul

En la Figura 3.6, se presenta el diagrama unifilar de la caja de distribución del distrito A.

Figura 3. 6 Diagrama unifilar de la caja de distribución del distrito A

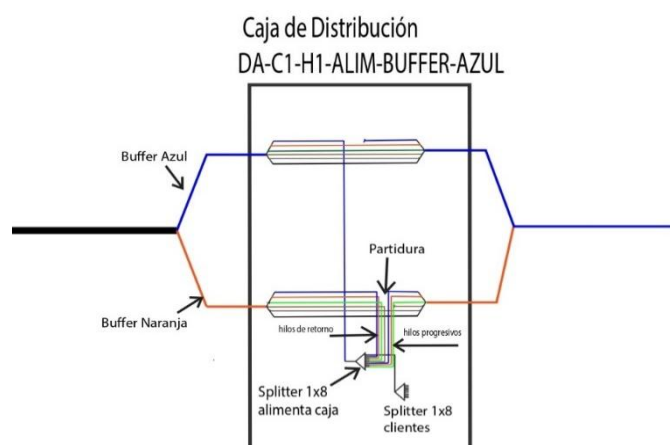


Diagrama unifilar de la caja de distribución del distrito A, Autor: Jorge Sánchez.

En la Figura 3.7, se presenta el diagrama unifilar de la caja de dispersión 6 del distrito A, el diagrama unifilar de la caja de dispersión está compuesta por dos buffer azul y naranja respectivamente, en la figura se observa que para alimentar la caja se utiliza el hilo azul del buffer naranja. Todas las cajas de dispersión de los 6 distritos se basan en

esta instalación. En el ANEXO 1 se presentan los diagramas unifilares de las cajas de distribución y dispersión de cada distrito.

Figura 3. 7 Diagrama unifilar de la caja de dispersión 6 del distrito A

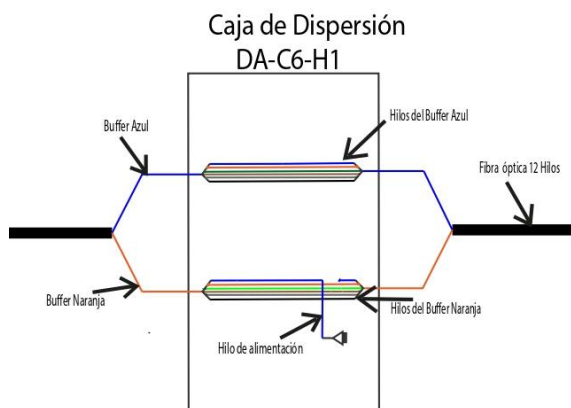


Diagrama unifilar de la caja de dispersión 6 del distrito A, Autor: Jorge Sánchez.

En el ANEXO 2 se detalla la alimentación de las cajas de distribución y dispersión, también se muestran las coordenadas georreferenciales de cada una de ellas.

## Cálculos

Los cálculos descritos constituyen la base para la adquisición de demás elementos a utilizar en el presente estudio.

### • Cálculo de cable de fibra óptica

Para medir la distancia de la fibra óptica se considera la ayuda de la herramienta Google Maps, se toma en cuenta una reserva de 10% para imprevistos y una reserva del 8% que se debe guardar en la caja en caso de alguna desconexión o reubicación de postes. Para ello, Sandoval & Astudillo (2016) proponen la Ecuación 3.1.

$$d + d * 0.10 + d * 0.08 = l \quad \text{Ec. (3. 1)}$$

De donde:

$d$  es la distancia medida

$l$  es la longitud de cable necesaria

Conociendo que cada bobina de cable de fibra óptica incluye 4000 metros de cable, se tiene que

$$\frac{l}{4km} = n$$

De donde:

$n$  es la cantidad de bobinas de cable requeridas por distrito

- **Cálculo de cable de postes**

Para la obtención del número de postes se divide la distancia de enlace para la distancia existente entre poste, conociendo que la distancia entre poste es de 50 m y considerando un índice de proximidad de 0.35 debido a que no todos los postes se encuentran exactamente a la misma distancia, Sandoval & Astudillo (2016) sugieren emplear la Ecuación 3.2.

$$\text{número de postes} = \frac{d_{\text{enlace}}}{d_{\text{entre poste}}} + \frac{d_{\text{enlace}}}{d_{\text{entre poste}}} * 0.35 \quad \text{Ec. (3. 2)}$$

- **Elementos adicionales varios**

De acuerdo a los estándares, se consideran para la implementación los siguientes elementos:

- 1 herraje por poste
- 2 pinzas de anclaje por poste
- 2 hebillas por poste

### ***Distrito A***

En el distrito A se tiene un total de 40 postes con una distancia total de 1295 metros de cable de fibra FO ADSS G625D de 12 hilos. La cantidad de materiales para la implementación del distrito A, obtenidos en base a los cálculos previamente realizados, se detallan en las Tabla 3.1 y Tabla 3.2.

Tabla 3. 1 Materiales utilizados en la implementación del distrito A

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
FO ADSS 12 HILOS SPAN 100 M G652D LIFEFIBER	1295	metros
CAJA NAP ECO 16 PUERTOS APC LIFEFIBER	7	unidad
CAJA NAP TRANSFORMER 16 PUERTOS	1	unidad
SPLITER 1 * 8 APC	9	unidad
FO DROP 2 HILOS SPAN 100 M	4480	metros
PATCHCORD SM G652D SC/APC - SC/APC SX 3 MT 3.0MM (cliente final )	52	Unidad
PATCHCORD SM G652D SC/APC - SC/UPC SX 3 MT 3.0MM (caja de nivel )	7	Unidad
ROSETA ÓPTICA	24	Unidad

ONU ZTE F612W	12	Unidad
ONU Huawei 8545 m	12	Unidad
PICTELES APC	1	Unidad

Materiales utilizados en la implementación del distrito A, Autor: Jorge Sánchez.

Tabla 3. 2 Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito A

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
HERRAJES DE RETENCIÓN (TIPO A)	40	unidad
PINZA DE ANCLAJE	84	unidad
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	80	unidad
CINTA ERIBAN ROLLO 30 METROS	80	metros
CABLE ACERADO	40	metros
grilletes	2	unidad
Amaras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito A, Autor: Jorge Sánchez.

El ramal principal del distrito A cubre la calle Esmeraldas desde la oficina de ALFATEL hasta la calle Montúfar y continuado por la Vía a San Isidro, para terminar en la intersección de la vía Unión Panamericana y Riofrío. El ramal secundario del distrito A cubre el tramo de la Esmeraldas y Montúfar hasta el Hospital El Ángel.

### ***Distrito B***

En el distrito B se tiene 32 postes con una distancia de 1290 metros de fibra FO ADSS G625D de 12 hilos, a través del hilo naranja del buffer azul se alimenta la caja de distribución de distrito B. Los materiales se detallan en las Tabla 3.3 y Tabla 3. 3 Materiales utilizados en la implementación del distrito B.

Tabla 3. 3 Materiales utilizados en la implementación del distrito B

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
FO ADSS 12 HILOS SPAN 100 M G652D LIFEFIBER	1290	metros
CAJA NAP ECO 16 PUERTOS APC LIFEFIBER	7	unidad
CAJA NAP TRANSFORMER 16 PUERTOS	1	unidad
SPLITER 1 * 8 APC	9	unidad
FO DROP 2 HILOS SPAN 100 M	3335	metros
PATCHCORD SM G652D SC/APC - SC/APC SX 3 MT 3.0MM (cliente final )	48	Unidad
PATCHCORD SM G652D SC/APC - SC/UPC SX 3 MT 3.0MM (caja de nivel )	7	Unidad
ROSETA ÓPTICA	21	Unidad
ONU ZTE F612W	10	Unidad
ONU Huawei 8545 m	11	Unidad

PICTELES APC	1	Unidad
--------------	---	--------

Materiales utilizados en la implementación del distrito B, Autor: Jorge Sánchez.

Tabla 3. 4 Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito B

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
HERRAJES DE RETENCIÓN (TIPO A)	34	unidad
PINZA DE ANCLAJE	68	unidad
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	64	unidad
CINTA ERIBAN ROLLO 30 METROS	64	metros
CABLE ACERADO	40	metros
grilletes	2	unidad
Amaras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito B, Autor: Jorge Sánchez.

La cobertura del distrito B inicia en la intersección de la vía Unión Panamericana y Riofrío, continuando por la calle Riofrío hasta cruzarse con la vía Sucre, avanza por la calle Sucre hasta la calle Bolívar, posteriormente continúa por la calle Bolívar hasta la Calle 1 para terminar en la intersección entre la Calle 1 y Abraham Herrera.

### ***Distrito C***

En el distrito C se tiene un total de 50 postes con una distancia de 2230 metros de cable de fibra FO ADSS G625D de 12 hilos, a través del hilo verde del buffer azul se alimenta la caja de distribución de distrito C. La cantidad de materiales para la implementación del distrito C, se detallan en las Tabla 3.5 y Tabla 3.6.

Tabla 3. 5 Materiales utilizados en la implementación del distrito C

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
fo adss 12 hilos span 100 m g652d lifefiber	2023	metros
Caja NAP eco 16 puertos apc lifefiber	7	unidad
Caja NAP transformer 16 puertos	1	unidad
Splitter 1 * 8 apc	9	unidad
fo drop 2 hilos span 100 m	4050	metros
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/apc sx 3 mt 3.0mm	68	Unidad
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/upc sx 3 mt 3.0mm	7	Unidad
Roseta óptica	27	Unidad
onu zte f612w	13	Unidad
ONU huawei 8545 m	14	Unidad
Pictes apc	1	Unidad

Materiales utilizados en la implementación del distrito C, Autor: Jorge Sánchez.



Tabla 3. 6 Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito C

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de retención (tipo a)	50	unidad
Pinza de anclaje	100	unidad
Hebilla ban-dit de $\frac{3}{4}$	100	unidad
Cinta eriban rollo 30 metros	100	metros
Amaras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito C, Autor: Jorge Sánchez.

El distrito C inicia en la intersección entre la Calle 1 y Abraham Herrera, avanza al sur por la Panamericana hasta la Libertad, sigue por la calle Olmedo hasta la Av. Pichincha para posteriormente dar por cubierto el distrito C en la intersección entre Salinas y la Primera Transversal.

### ***Distrito D***

El distrito D tiene un total de 23 postes con de 666 metros de cable de fibra FO ADSS G625D de 12 hilos, a través del hilo café del buffer azul se alimenta la caja de distribución de distrito D. Los materiales se muestran en las Tabla 3.7 y Tabla 3.8.

Tabla 3. 7 Materiales utilizados en la implementación del distrito D

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Fo adss 12 hilos span 100 m g652d lifefiber	666	metros
Caja NAP eco 16 puertos apc lifefiber	3	unidad
Caja NAP transformer 16 puertos	1	unidad
Splitter 1 * 8 apc	5	unidad
FO DROP 2 hilos span 100 m	1650	metros
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/apc sx 3 mt 3.0mm	26	Unidad
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/upc sx 3 mt 3.0mm	5	Unidad
Roseta óptica	11	Unidad
ONU ZTE f612w	6	Unidad
onu huawei 8545 m	5	Unidad
Pictes apc	1	Unidad

Materiales utilizados en la implementación del distrito D, Autor: Jorge Sánchez.

Tabla 3. 8 Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito D

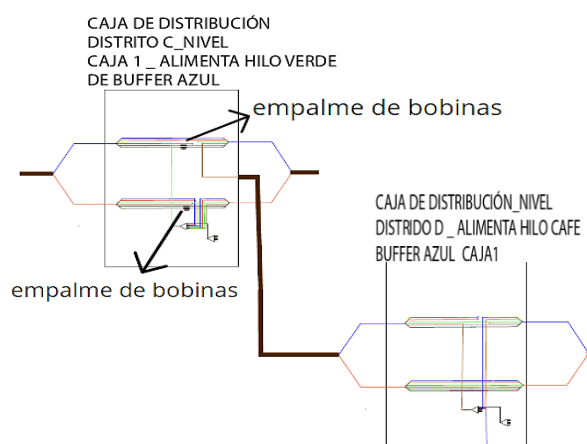
HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de retención (tipo a)	25	unidad
Pinza de anclaje	50	unidad

Hebilla ban-dit de 3/4	50	unidad
Cinta eriban rollo 30 metros	50	metros
Amaras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito D, Autor: Jorge Sánchez.

El distrito D contiene dos ramales, los cuales cubren el sector del mirador El Ángel. Para armar el distrito D, se empalmó la segunda bobina de cable de fibra óptica en la caja de distribución del distrito C, es por esto que el distrito D nace de la fusión de los hilos de cable de fibra óptica dados en la caja de distribución del nivel C, dicho empalme está realizado en las calles Sucre y Salinas en las coordenadas 0°37'8.33"N en latitud y 77°56'8.31"O en longitud. En la Figura 3.8 se observa el empalme de realizado en la caja de nivel C dando origen a la caja de distribución del distrito D.

Figura 3. 8 Empalme de bobinas y caja distribución nivel D



Trayectoria de la fibra ADSS en el distrito C, Autor: Jorge Sánchez.

### ***Distrito E***

En el distrito E se tiene un total de 40 postes con una distancia de 1657 metros de cable de fibra FO ADSS G625D de 12 hilos, a través del hilo gris del buffer azul se alimenta la caja de distribución de distrito E. La cantidad de materiales para la implementación del distrito E, se detallan en las Tabla 3.9 y Tabla 3.10.

Tabla 3. 9 Materiales utilizados en la implementación del distrito E

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
FO ADSS 12 hilos span 100 m g652d lifefiber	1657	metros
Caja NAP eco 16 puertos apc lifefiber	7	unidad

Caja NAP transformer 16 puertos	1	unidad
Spliter 1 * 8 apc	9	unidad
FO DROP 2 hilos span 100 m	2753	metros
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/apc sx 3 mt 3.0mm	40	Unidad
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/upc sx 3 mt 3.0mm	7	Unidad
Roseta óptica	18	Unidad
ONU ZTE f612w	9	Unidad
ONU Huawei 8545 m	9	Unidad
Picteles apc	1	Unidad

Materiales utilizados en la implementación del distrito E, Autor: Jorge Sánchez.

Tabla 3. 10 Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito E

<b>HERRAJERÍA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
HERRAJES DE RETENCIÓN (TIPO A)	40	unidad
PINZA DE ANCLAJE	80	unidad
Hebilla Ban-dit de $\frac{3}{4}$	80	unidad
CINTA ERIBAN ROLLO 30 METROS	80	metros
Amaras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito E, Autor: Jorge Sánchez.

El distrito E inicia su cobertura en la intersección de la Primera Transversal y la calle Salinas, avanza por la Primera Transversal tres calles al sur hasta llegar el redondel y toma la calle 15 hasta la Bolívar por donde gira en la Calle 12 y sube por la calle Pichincha hasta la primera intersección.

### ***Distrito F***

En el distrito F se tiene un total de 15 postes con una distancia de 530 metros de cable de fibra FO ADSS G625D de 12 hilos, a través del hilo blanco del buffer azul se alimenta la caja de distribución de distrito F. La cantidad de materiales para la implementación del distrito F, se detallan en las Tablas 3.11 y Tabla 3.12.

Tabla 3. 11 Materiales utilizados en la implementación del distrito F

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
FO ADSS 12 hilos span 100 m g652d lifefiber	530	metros
Caja NAP eco 16 puertos apc lifefiber	2	unidad
Caja NAP transformer 16 puertos	1	unidad
Spliter 1 * 8 apc	4	unidad
FO DROP 2 hilos span 100 m	750	metros

Patchcord sm g652d sc/apc - sc/apc sx 3 mt 3.0mm	22	Unidad
Patchcord sm g652d sc/apc - sc/upc sx 3 mt 3.0mm	3	Unidad
Roseta óptica	9	Unidad
ONU ZTE f612w	5	Unidad
ONU huawei 8545 m	4	Unidad
Picteles apc	1	Unidad
Amarras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

Materiales utilizados en la implementación del distrito F, Autor: Jorge Sánchez.

Tabla 3. 12 Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito F

HERRAJERÍA	CANTIDAD	UNIDAD
Herrajes de retención (tipo a)	17	unidad
Pinza de anclaje	34	unidad
Hebilla ban-dit de $\frac{3}{4}$	34	unidad
Cinta eriban rollo 30 metros	34	metros
Cable acerado	40	metros
Grilletes	2	unidad
Amarras industriales de 50 cm	3	paquetes
Amaras industriales de 30 cm paquete	8	paquetes

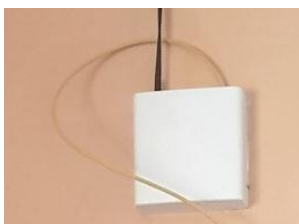
Materiales de herrajería utilizados en la implementación del distrito F, Autor: Jorge Sánchez.

El distrito F inicia su cobertura en la Calle 15 y abarca el sector Este de la Avenida Principal. Las coberturas de todos los distritos se pueden observar en el ANEXO 3.

#### 3.2.1.4 Roseta óptica

La roseta óptica se constituye como una caja de pequeñas dimensiones que presenta un puerto de ingreso para el cable de fibra óptica y dos accesos de salida óptico, en el interior de dicha caja se encuentra una bandeja para el orden de las fibras ópticas de entrada, el *pigtail* y demás fusiones para posteriormente conectar la fibra hacia la ONT. La roseta se ubica en el interior de la casa del abonado considerando las respectivas seguridades para evitar que sea manipulada, ver Figura 3.9.

Figura 3. 9 Roseta óptica de ALFATEL ubicada en el domicilio del afiliado



Roseta óptica, Autor: Jorge Sánchez.

### **3.2.1.5 ONU (Optical Network Unity)**

Un terminal de red óptica ONT, se conoce como la puerta de enlace doméstica de gama alta para la solución FTTH en tecnología GPON, para la determinación del ONU a trabajar en el presente estudio se realiza una comparación entre varias marcas que puede ser revisado en el ANEXO 4.

Los equipos ONU se ubican en el cliente y se instalan junto a la roseta óptica, su principal función es recibir y filtrar los datos entregados desde el OLT a un abonado en particular, de igual forma acepta la información del abonado, la comprime y la envía hacia el OLT respectivo. De acuerdo con las velocidades de subida y bajada, adicional a otras características y gracias a su administrabilidad se decide trabajar con el ONU Huawei 8545m y el ONU ZTE F612W. En la Figura 3. 10 3.10, se muestra la implementación del ONU Huawei 8545 m luego de la salida de la roseta óptica.

Figura 3. 10 Implementación de ONU Huawei 8545m en la red de ALFATEL



ONU Huawei 8545m, Autor: Jorge Sánchez.

### **3.2.2 Red de distribución**

Esta red se utiliza para la conexión entre la salida del OLT y las cajas NAPs Transformers de distribución, y en esta conexión son utilizados cables de fibra de 12, 24, 48 y 96 hilos, dichos cables pueden trabajar de forma canalizada o aérea. En la red de distribución, se emplea un cable aéreo ADSS de 12 hilos con 2 buffer, un buffer azul y uno naranja, cada buffer contiene 6 hilos de fibra óptica (azul, naranja, verde, café, gris y blanco), la elección de este cable se realizó debido a que el ADSS presenta características que lo hacen más manejable en su instalación y tiene un coste menor que el cable OPGW.

Otro de los aspectos a considerar, es que se debe tener en cuenta la distancia total del cable de distribución y adicional la cantidad de fibra para realizar el sangrado en la

NAP que generalmente es de 6.5 metros, el sangrado de fibra óptica radica en bifurcar hilos de fibra que se fusionan con otros hilos de una diferente fibra óptica por lo que, se requiere de mucha delicadeza dado que cuando se está sangrando un cable los demás hilos se encuentran enviando datos.

En el presente proyecto, se estimó que por cada 500 metros de cable se guardarán 30 metros de cable de fibra óptica como reserva, en caso de que sucedan eventos adversos tales como reubicación de postes, entre otros.

### 3.2.2.1 Splitter

Los Splitters son elementos pasivos de la red que habilitan la conexión punto a multipunto, de acuerdo con las terminaciones de los splitters estos pueden ser conectorizados o fusionados, y en correspondiente con el estándar ITU-T G984 pueden ser de clase A, B, o C. En el presente estudio se utilizan splitters de clase B dado que los elementos activos (OLT y ONT) utilizados por la empresa proveedora son de clase B y las pérdidas de acuerdo con sus capacidades se observan en la Tabla 3.13.

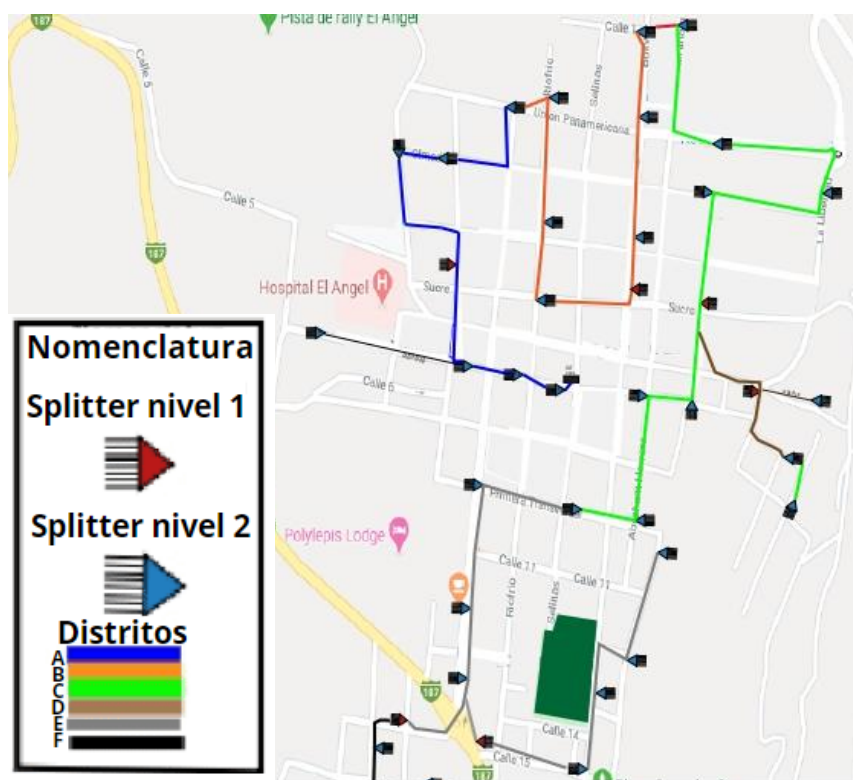
Tabla 3. 13 Capacidad de los splitters y su pérdida en dB

SPLITTER	
Capacidad	Pérdida [dB]
1:2	3.50
1:4	7.00
1:8	10.50
1:16	14.00
1:32	17.50
1:64	21.00

Capacidades de los splitters y sus pérdidas, Fuente: (Crespo, 2014).

En la Figura 3.11 se presenta la distribución física de los splitters en las cajas de distribución y cajas de dispersión de la red de GPON para la empresa ALFATEL en la ciudad de El Ángel.

Figura 3. 11 Distribución física de los splitters por distritos



Splitters distribuidos en cajas de distribución y dispersión, Autor: Jorge Sánchez.

La ubicación de los splitters de distribución y dispersión se realizan en torno a 6 y 39 puntos seleccionados estratégicamente para conseguir una cobertura mayor en correspondencia a la ubicación de los afiliados actuales. En el presente trabajo se utilizaron dos niveles de splitteo.

### 3.2.2.2 Herrajes

Los herrajes son dispositivo de acero que facilitan el trabajo de retención del cable en el tendido aéreo de la fibra óptica, en el presente proyecto se trabaja con el herraje tipo A para la sujeción y soporte del cable ADS.

En la Figura 3.12 se observa el herraje tipo A implementado en la red GPON para la empresa ALFATEL en la ciudad El Ángel, adicional el cálculo de herrajes se presenta en el apartado de distritos y de acuerdo a la cantidad de postes por distrito se tiene el número de herrajes utilizados.

Figura 3. 12 Herrajes tipo A con pinzas de anclaje



Herraje tipo A con pinzas de anclaje, Autor: Jorge Sánchez.

### 3.2.2.3 ODF

El ODF (Optical Distributer Fiber) se constituye en la conexión entre la red de acceso y los equipos de un nodo central de las telecomunicaciones, físicamente es una caja metálica que incluye los pigtails los cuales posteriormente son fusionados con cada hilo de fibra óptica, luego estos pigtails son conectados a adaptadores a través de conectores, y luego gracias a los patchcord son conectados al dispositivo activo. En el presente estudio se utilizó un ODF de 24 puertos presentado en la Figura 3.13.

Figura 3. 13 ODF de 24 Puertos con pigtails y adaptadores.



ODF de 24 puertos, Autor: Jorge Sánchez.

### 3.2.3 Red feeder

La red feeder es la conexión principal constituida por cables de fibra óptica que unen los OFD (Optical Distribution Frame) situadas en la central o también conocida como nodo de telecomunicaciones. La fibra óptica para feeder puede ser tendida de manera manual o por tracción, comúnmente se emplean cables de 96, 144, 288 hilos y estos pueden ser aéreos o canalizados y pueden contar con múltiples extensiones de feeder en concordancia con el diseño de la red. Para la red de feeder del presente proyecto se utiliza un cable de fibra óptica con dos feeder, cada feeder consta de 6 hilos teniendo como resultado una fibra óptica de 12 hilos, esto debido a que se tiene una implementación de la red de fibra óptica en diagrama gusano (ver Figura 3.4), lo que permite reducir los costos en la implementación y puesta en marcha.



En la Figura 3.14 se presenta el esquema de la red troncal de fibra óptica y el ramal secundario diseñado para la implementación de la red GPON para la empresa ALFATEL en la ciudad El Ángel.

Figura 3. 14 Diagrama de la red troncal de GPON para la empresa ALFATEL

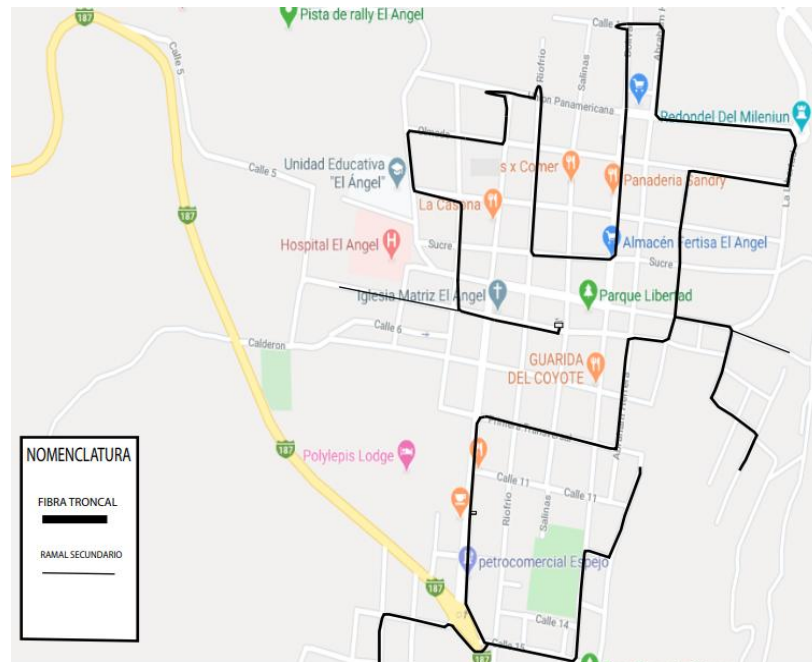


Diagrama del tendido de fibra óptica troncal y ramal secundario, Autor: Jorge Sánchez.

### 3.2.3.1 OLT

En el presente proyecto se realiza una comparación entre OLTs de diferentes proveedores, análisis que se presenta en el ANEXO 5. Luego de revisar las características técnicas de las distintas OLT, se decide trabajar con el modelo GTP – C43BB KING TYPE de 8 puertos, debido a que su capacidad en administración de ONUs, representa lo necesario para cubrir los requerimientos actuales de la empresa ALFATEL, además de su ventajosa ventana de operación y compatibilidad con ONUs de diferentes marcas.

## CAPÍTULO 4

### CONFIGURACIÓN Y PRUEBAS DE CONECTIVIDAD

#### 4.1 Generalidades

En este capítulo se explica la implementación la propuesta y la configuración de los equipos, así como los resultados de las pruebas realizadas para determinar la funcionalidad de la red GPON. En las pruebas realizadas se analizaron las potencias medidas en las cajas de distribución y dispersión, también se ejecutaron pruebas de conectividad y reflectancia a fin de establecer resultados de operación óptimos de la red en base al rendimiento, estabilidad y beneficios logrados.

En el ANEXO 6, se presentan fotografías de la implementación de la red FTTH con tecnología GPON para la empresa ALFATEL.










#### 4.2 Configuración del equipamiento

En el presente apartado se presentan las configuraciones necesarias de los equipos para el funcionamiento óptimo de la red GPON.

##### 4.2.1 Configuración del Router Administrador MikroTik Rb 3011

Para la configuración del equipo Mikrotik Rb 3011 primero se realiza la configuración de tres direcciones IP públicas asignadas por el proveedor NEDETEL, dichas direcciones se muestran en la Figura 4. 1 y corresponden a la captura de interfaz del puerto Ether 1.




Figura 4. 1 Direcciones IP públicas asignadas por Nedetel

	▲ Address	Network	Interface
 	 45.70.201.4/29	45.70.201.0	ether1
 	 45.70.201.5/29	45.70.201.0	ether1
 	 45.70.201.6/29	45.70.201.0	ether1

Direcciones IP públicas asignadas por el proveedor, Autor: Jorge Sánchez.

Seguido, se asigna una IP privada en la que se va a fijar a los clientes.

Figura 4. 2 IP privada

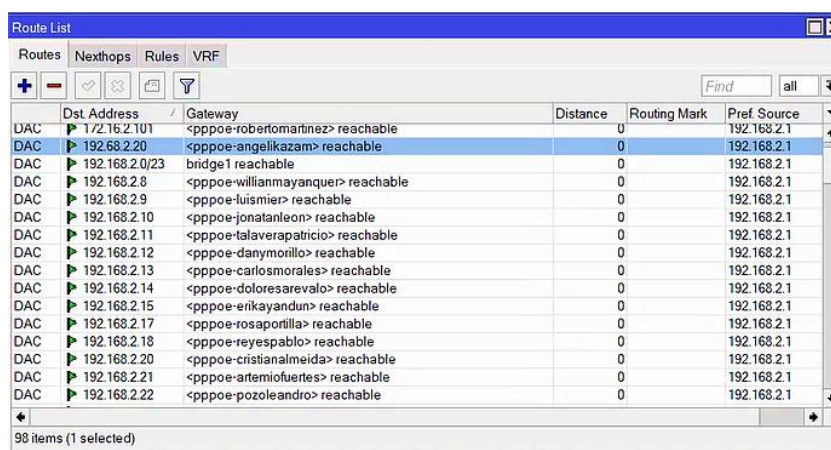
	Address	Network	Interface
 	 192.168.2.1/23	192.168.2.0	bridge1

Dirección IP privada, Autor: Jorge Sánchez.

Se asigna al puerto Ether1 la ruta micro estática 0.0.0.0/0 para que el MikroTik tenga acceso a internet, posteriormente se procede al enrutamiento mediante PPOE, que permite al equipo reconocer el nombre del usuario asignado en el sistema Wispro y no a través de direcciones dinámicas o estáticas, luego de tomar el nombre se le asigna la dirección IP tal como se muestra en la Figura 4.3.

Wispro es un sistema que brinda servicios de administración y soluciones de soporte para empresas proveedoras de internet, y se encuentra desplegado en una infraestructura escalable que provee beneficios de gestión remota de los abonados y que no presenta un límite de afiliados, además facilita la creación de facturas y cortes automáticos, control de ancho de banda, gestión de instalaciones, entre otros.

Figura 4. 3 Lista de rutas en Wispro



Dst. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
1/2.16.2.101	<pppoe-robertomartinez> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.20	<pppoe-angelikazam> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.0/23	bridge1 reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.8	<pppoe-williammayanquer> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.9	<pppoe-luismier> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.10	<pppoe-jonatanleon> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.11	<pppoe-talaverapatricio> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.12	<pppoe-danymorillo> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.13	<pppoe-carlosmorales> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.14	<pppoe-doloresarevalo> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.15	<pppoe-enikayandun> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.17	<pppoe-rosaportilla> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.18	<pppoe-reyespablo> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.20	<pppoe-cristianalmeida> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.21	<pppoe-artemiofuentes> reachable	0		192.168.2.1
192.168.2.22	<pppoe-pozoleandro> reachable	0		192.168.2.1

Lista de rutas en Wispro, Autor: Jorge Sánchez.

Para vincular el MikroTik a Wispro es necesario crear un servidor MikroTik, en la Figura 4. 4, se muestra el requerimiento de los siguientes datos:

- Host: la Ip o DDNS del MikroTik
- Puerto API: Es el puerto de la API o API-SSL de su Mikro Tik

- Usuario
- Contraseña

Figura 4. 4 Requisitos para vincular MikroTik con Wispro

NombreMICROTIK RB 3011 EL ANGEL

Host45.70.201.6

Puerto API8729

Usuariowispro

Contraseña\*\*\*\*\*

API-SSL

ON

Requiere certificado en el mikrotik

Sólo permitir navegar a los contratos permitidos

ON

• ON: Solo permitirá navegar a los contratos permitidos (habilitados, alertados, degradados).

• OFF: Liberá completamente el trafico, aceptando cualquier tipo de trafico. Opción util para MikroTiks que ya vienen en funcionamiento y que no se tienen cargado contratos en Wispro.

EliminarGuardar MikroTik

Requisitos para vincular MikroTik con Wispro, Autor: Jorge Sánchez.

Cuando el MikroTik ya se haya vinculado al Wispro y los cambios sean aplicados por primera vez, se procede a crear un certificado para el uso en la vinculación API-SSL. Al vincular el MikroTik con Wispro, se agregan reglas que se visualizan en la Figura 4. 5.

Figura 4. 5 Reglas de vinculación del MikroTik a Wispro

jump	input					43.7 GiB	540 155 ...	jump to wispro_input controlled_by_wispro
jump	forward					63327.0 ...	69962 0...	jump to wispro_forward controlled_by_wispro
jump	output					2405.9 GiB	721 907 ...	jump to wispro_output controlled_by_wispro
accept	wispro_input	6 (tcp)		wispro_domain		5.8 KiB	8	accept wispro connections controlled_by_wispro
accept	wispro_forward			wispro_domain	wispro_domain	48.3 MiB	604 374	accept connections to wispro controlled_by_wispro
accept	wispro_forward			wispro_domain		402.7 MiB	664 304	accept connections to wispro controlled_by_wispro
drop	wispro_forward				child_porn_filter	0 B	0	dst child-porn controlled_by_wispro
drop	wispro_forward	6 (tcp)	443	https_block		0 B	0	src tcp: https_block controlled_by_wispro
drop	wispro_forward	17 (...)	443	https_block		0 B	0	src udp: https_block controlled_by_wispro
accept	wispro_forward			contracts_enabled		2233.2 GiB	8620 36...	src: contracts_enabled controlled_by_wispro
accept	wispro_forward			contracts_alerted		281.8 GiB	1238 26...	src: contracts_alerted controlled_by_wispro
accept	wispro_forward				contracts_enabled	21916.3 ...	18171 6...	dst: contracts_enabled controlled_by_wispro
accept	wispro_forward				contracts_alerted	3310.6 GiB	2688 76...	dst: contracts_alerted controlled_by_wispro
drop	wispro_forward					2461.0 MiB	35 197 528	Drop all traffic controlled_by_wispro

Reglas de vinculación del MikroTik a Wispro, Autor: Jorge Sánchez.

Cada IP de abonado pertenece a una lista de direcciones o address list de acuerdo con el estado que le corresponde:

- contract\_enabled: address list de contratos habilitados.
- contract\_alerted: address list de contratos alertados.

- contract\_disabled: address list de contratos deshabilitados.

En Firewall/Filter se agregan reglas que permiten la navegación únicamente de las address list contract\_enabled y contract\_alerted. Para el resto se realiza un DROP en FORWARD que impide la navegación.

Para continuar con la vinculación se da clic en el botón Link, ubicado a la derecha del servidor MikroTik recién cargado, como se muestra en la Figura 4. 6.

Figura 4. 6 Acceder a vinculación de MikroTik y Wispro



Acceder a vinculación de MikroTik y Wispro, Autor: Jorge Sánchez.

Posterior, se aceptan los cambios y se envían las reglas ya mencionadas, ver Figura 4. 5.

Todos los contratos que se crean en Wispro Cloud son sincronizados con el MikroTik y desde allí se gestiona el acceso a Internet. En la Figura 4. 7 se presentan algunos de los contratos de abonados trasladados de Wispro Cloud a las colas simples del MikroTik.

Figura 4. 7 Contratos de los abonados visualizados desde MikroTik

30 items										
	▲ Name	Parent	Packet Marks	Limit At (bits/s)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Queued Bytes	Bytes	Packets	
;;; WAN interface bridge1 controlled_by_wispro										
- [D]	download_b global					104.5 Mb/s	0 B	28147.1 C	-1 143 06	
;;; DOWN Plan PLAN 15 MEGAS MIKRO BOLIVAR controlled_by_wispro										
- [D]	plan_15_mi download_brid	plan_15_i				0 bps	0 B	0 B	0	
;;; UP Plan PLAN 15 MEGAS MIKRO BOLIVAR controlled_by_wispro										
- [D]	plan_15_mi upload_ether1	plan_15_i				0 bps	0 B	0 B	0	
;;; DOWN Plan PLAN 27 MEGAS FIBRA COMP3 controlled_by_wispro										
- [D]	plan_27_mi download_brid	plan_27_i				9.1 Mbps	0 B	1821.2 Gi	1 543 953	
;;; UP Plan PLAN 27 MEGAS FIBRA COMP3 controlled_by_wispro										
- [D]	plan_27_mi upload_ether1	plan_27_i				77.2 kbps	0 B	73.5 GiB	615 885 2	
;;; DOWN Plan PLAN 30 MEGAS controlled_by_wispro										
- [D]	plan_30_mi download_brid	plan_30_i				0 bps	0 B	0 B	0	
;;; UP Plan PLAN 30 MEGAS controlled_by_wispro										
- [D]	plan_30_mi upload_ether1	plan_30_i				0 bps	0 B	0 B	0	
;;; DOWN Plan PLAN FIBRA 12M MEGAS ANGEL controlled_by_wispro										
- [D]	plan_fibra_ download_brid	plan_fibra				205.9 kbps	0 B	132.3 GiB	122 501 C	

Contratos de abonados en MikroTik, Autor: Jorge Sánchez.

A través del ejecutable WinBox se puede revisar las direcciones IP asignadas a cada cliente, así como el tiempo de conexión de cada abonado, ver Figura 4. 8.

Figura 4. 8 Contratos de los abonados visualizados desde Wispro

PPP					
Interface PPPoE Servers Secrets Profiles Active Connections L2TP Secrets					
Name	Service	Caller ID	Address	Uptime	
Contract_id: 244.client_id: 242. controlled_by_wispro					
L guimont...	pppoe	04:26:C7:0A:E8:8F	192.168.2.51	26d 03:04:18	
Contract_id: 430.client_id: 275. controlled_by_wispro					
L puentest...	pppoe	04:26:C7:1D:1D:3A	192.168.2.59	23d 21:04:10	
Contract_id: 404.client_id: 394. controlled_by_wispro					
L willianpar...	pppoe	04:26:C7:24:FD:A5	192.168.2.39	8d 03:44:10	
Contract_id: 402.client_id: 392. controlled_by_wispro					
L nelsonm...	pppoe	04:26:C7:28:5D:B3	192.168.2.37	23d 21:03:57	
Contract_id: 425.client_id: 415. controlled_by_wispro					
L javierbe...	pppoe	04:26:C7:28:78:B3	192.168.2.55	26d 03:04:16	
Contract_id: 412.client_id: 402. controlled_by_wispro					
L carmenc...	pppoe	04:26:C7:30:9C:C6	192.168.2.45	2d 04:31:59	
Contract_id: 413.client_id: 403. controlled_by_wispro					
L jennycu...	pppoe	04:26:C7:39:34:D2	192.168.2.46	6d 17:51:32	

Contratos de los abonados vistos desde Wispro, Autor: Jorge Sánchez.

#### 4.2.2 Configuración de la OLT KingType

Uno de los elementos fundamentales dentro de la implementación de la red GPON es el OLT. A partir del análisis realizado en el capítulo 3, se seleccionó la OLT de la marca KingType. Para la configuración de la OLT se procede estableciendo la IP del estado de sistema, ver Figura 4. 9.

Figura 4. 9 Estado del sistema

Run-time Status ▶

ManagerBoard Setting ▶

SNI Port Management ▶

OLTPON Port Management ▶

SNMP Management ▶

IGMP Management ▶

ONU Profile ▶

ONU Equipment Management ▶

VLAN Management ▶

Alarm Management ▶

System Configuration ▶

Login out ▶

After Service ▶

System Status

OLT Runing Status

ManagerBoard version info

Software version	GPT-C43BB_1.06.05007		
Hardware version	1.0.0		
Run-time	0 day 0 hour 3 minute 55 second		

OLT base info

OLT slot bit	Type	State	Software version
1	GPT_C43BB_DL	Active	GPT-C43BB_1.06.05007
2	GPT_C43BB_DM	Active	GPT-C43BB_1.06.05007

OutBand address

MAC	00:0f:1e:9e:0c:fe
IP	192.168.2.5
Mask	255.255.255.0
Gateway	192.168.2.1

InBand address

MAC	00:0f:1e:9e:0c:70
VLAN	1
IP	192.168.10.5
Mask	255.255.255.0
Gateway	192.168.10.1

Estado del sistema de la OLT, Autor: Jorge Sánchez.



Se ubica en el OLT Runing Status

Figura 4. 10 Runing Status de la OLT



The screenshot shows the 'OLT Runing Status' page. On the left is a sidebar with navigation options. The main content area has two tabs: 'System Status' and 'OLT Runing Status'. Under 'OLT Runing Status', there are two sections: 'SNI port status' and 'PON port status'.

**SNI port status**

Port	In_octets	In_pkts	In_brdrct_pkts	In_mltcst_pkts	Out_octets	Out_pkts	Out_brdrct_pkts	Out_mltcst_pkts	Operation
1/1	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/3	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/5	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/6	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/7	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/9	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/10	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>
1/11	0	0	0	0	0	0	0	0	<a href="#">Detailed Info</a>

**PON port status**

Port	In_octets	In_pkts	In_brdrct_pkts	In_mltcst_pkts	Out_octets	Out_pkts	Out_brdrct_pkts	Out_mltcst_pkts	Operation
------	-----------	---------	----------------	----------------	------------	----------	-----------------	-----------------	-----------

Runing Status de la OLT, Autor: Jorge Sánchez.

Se realiza la configuración de dirección IP fuera de banda, ver Figura 4. 11.

Figura 4. 11 Configuración fuera de banda



The screenshot shows the 'Outband attribute settings' page. On the left is a sidebar with navigation options. The main content area has a title 'Outband attribute settings' and a subtitle 'Please input parameters'. Below this are four input fields: MAC, IP, Mask, and Gateway. The MAC field is pre-filled with '00:0f:1e:9e:0c:fe'. The IP field contains '192.168.2.5', the Mask field contains '255.255.255.0', and the Gateway field contains '192.168.2.1'. A 'Save' button is located at the bottom right.

Configuración fuera de banda de la OLT, Autor: Jorge Sánchez.

Seguido se realiza la configuración de dirección IP en banda, y finalmente los puertos PON de la OLT.

### 4.2.3 Configuración de la ONU

Al realizar la configuración de la ONU en el domicilio del abonado, se dirige a la interfaz de la OLT y en el parámetro WAN Method se escoge la opción PPPoE y al usuario se le asigna el nombre que se genera en el contrato. En el parámetro MTU (Maximum Transmission Unit) se coloca la unidad de transferencia máxima en bytes, en este caso 1480. En el parámetro VLAN es la creada en el MikroTik de acuerdo al contrato y también se registra la misma VLAN en el OLT, finalmente se procede a la apertura de puertos LAN.

En la Figura 4. 12 se presenta la configuración de la ONU ZTE F612 W, en la cual, luego de haber ingresado las credenciales respectivas, se procede a configurar las conexiones de los abonados.

Figura 4. 12 Configuración de la ONU ZTE F612W

The screenshot displays the ZTE F612W ONU configuration web interface. The left sidebar shows a navigation menu with categories: Status, Network, WAN, WLAN, LAN, PON, Routing (IPv4), Routing (IPv6), Port Locating, Security, Application, and Administration. The 'Network' category is expanded, and 'WAN' is selected. The main area shows the 'WAN Connection' configuration for a connection named 'ALMEIDA'. Key settings include: 'Enable VLAN' checked, 'VLAN ID' set to 100, '802.1p' set to 0, 'Type' set to Route, 'Service List' set to INTERNET, 'MTU' set to 1492, and 'Link Type' set to PPP. A 'PPP' configuration box is also visible, showing 'Username' as ALMEIDAJEIMY, 'Password' as masked, 'Authentication Type' as Auto, and 'Connection Trigger' as Always On. At the bottom, 'IP Version' is set to IPv4 and 'PPP TransType' is set to PPPoE. 'Modify' and 'Delete' buttons are at the bottom right.

Configuración de la ONU ZTE F612W, Autor: Jorge Sánchez.

### 4.3 Escenarios de prueba

En el presente apartado se realizan diferentes pruebas a la red GPON con el objetivo de entender los beneficios que presenta la red y las mejoras introducidas a la red de la empresa ALFATEL. En esta etapa del proyecto se cuenta con un total de 110 abonados vinculados a la red de fibra óptica, de los cuales 35 corresponden a migraciones desde la red de radio enlace a la red FTTH, y 75 corresponden a nuevos clientes. Los 5 abonados restantes del total de 40 que inicialmente presentaba la red de radio enlace, decidieron mantenerse en dicha red, sin embargo, los routers y demás equipos que



pertenecían a los 35 afiliados en mención, no fueron desechados, sino que, fueron reutilizados para otras redes de radio enlace que ALFATEL dispone en varias ciudades de la provincia del Carchi.

En base a lo ya mencionado, y sabiendo que el tamaño de la población actual de abonados a la red FTTH con tecnología GPON es 110, se procede al cálculo de la muestra probabilística como sugiere Aguilar (2015), por lo que se hace uso de la Ecuación 4.1

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \text{Ec. (4. 1)}$$

De donde se tiene que:

$$n = \frac{110 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (110 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 85.69$$

Por lo tanto, para mantener una correspondencia del 5% de error, es necesario aplicar las pruebas de conectividad a la red FTTH con tecnología GPON a una muestra de 86 conexiones.

#### 4.3.1 Pruebas de potencia

Es necesario entender que todas las implementaciones de transmisiones de datos se encuentran limitadas por la pérdida de potencia, en este estudio se realiza el análisis de la pérdida de potencia óptica generado por los elementos como longitud del enlace, empalmes, conectores y demás elementos que propician un desgaste de la potencia. En el presente proyecto se trabaja con una longitud de onda de 1550nm, y para CCNA Cisco (2015), es importante valerse de la Ecuación 4.2.

$$a_t = L * a_L + n_e * a_e + n_c * a_c + a_r * L \quad \text{Ec. (4. 2)}$$

De donde:

$a_t$  es la atenuación total del enlace

$L$  es la longitud del cable en Km

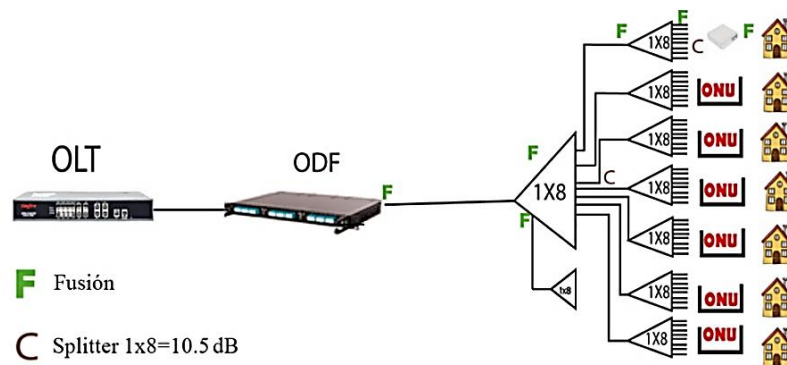
$a_L$  es el coeficiente de atenuación en dB/Km

$n_e$  es el número de empalmes

$a_e$  es la atenuación por empalme

$a_r$  reserva de atenuación en dB/Km

Figura 4. 13 Fusiones realizadas a la fibra óptica



En base a lo ya descrito, se realizan los cálculos de pérdida de potencia óptica para la muestra calculada que representa un total de 86 conexiones. En la Tabla 4. 1 se muestra una conexión ubicada a una distancia más cercana a la oficina de ALFATEL en la ciudad de El Ángel, debido a que en oficina se encuentra ubicado el OLT, otra conexión más lejana, y se presenta el promedio para las 86 muestras ya definidas.

Parámetros	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio
Distancia a la central	0.2Km	10 km	6.25 Km
Atenuación total del enlace	18.15 dBm	19.9 dBm	19.2 dBm

Se observa que la pérdida del enlace incrementa a medida que aumenta la distancia, esto debido a que la distancia de cable de fibra óptica crece, es así que el abonado más cercano presenta menos pérdidas en comparación al usuario a una mayor distancia.

En la Tabla 4.2 se aprecia el presupuesto óptico con valores máximos permitidos por cada distrito, para todos los casos se trabaja con una longitud de onda de 1550nm cuya atenuación es de 0.25 dB. Para el desarrollo de éste, se consideraron valores de la norma EIA/TIA 568, recomendación ITU-T G67 y valores permitidos por el fabricante.

Tabla 4. 2 Presupuesto óptico por distritos

<b>Distritos</b>	<b>L en km</b>	<b>Conectores</b>	<b>Aten (dB)</b>	<b>Empalmes</b>	<b>Aten (dB)</b>	<b>Splitters</b>	<b>Aten (dB)</b>	<b>Atenuación total (dB)</b>
Distrito A	1.29	4	0.5	5	0.1	2 1x8	10.5	23.75
Distrito B	1.29	4	0.5	5	0.1	2 1x8	10.5	23.75
Distrito C	2.02	4	0.5	5	0.1	2 1x8	10.5	23.75
Distrito D	0.66	4	0.5	5	0.1	2 1x8	10.5	23.75
Distrito E	1.65	4	0.5	5	0.1	2 1x8	10.5	23.75
Distrito F	0.53	4	0.5	5	0.1	2 1x8	10.5	23.75

Presupuesto óptico por distritos de la red FTTH de ALFATEL, Autor: Jorge Sánchez.

Los niveles de potencia de la red GPON pueden ser, potencias de primer nivel ubicadas en el nivel de distribución, potencias de segundo nivel ubicadas en el nivel de dispersión y potencias de tercer nivel que se encuentran a la entrada de las ONU.

### 4.3.2 Análisis de la señal de la red GPON de ALFATEL

En la Tabla 4.3 se analizan las características de la señal recibida por los usuarios de la red GPON de fibra óptica de ALFATEL en la ciudad El Ángel, de igual forma se presenta un análisis para las 86 muestras, mostrando el cliente ubicado más cerca de la OLT y el cliente más alejado. De acuerdo con la Tabla 4.3, se puede observar una mejor estabilidad de la señal en comparación a la señal entregada por la red inalámbrica que anteriormente utilizaba la empresa ALFTEL, ya que sin importar las distancias la recepción óptica de la señal tiene valores similares.

Tabla 4. 3 Parámetros de la señal de la red GPON de ALFATEL

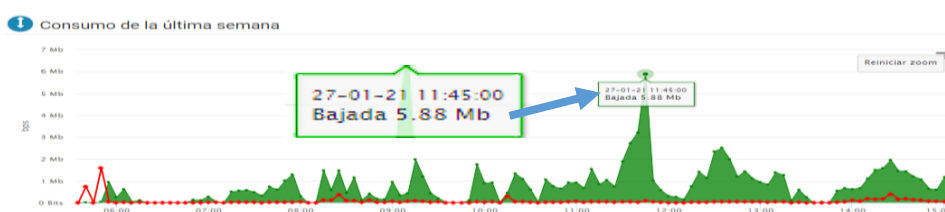
<b>Parámetros</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Promedio</b>
Distancia a la central	0.2Km	10 km	6.25 Km
Tx Optical Power	2.23 dBm	2.35 dBm	2.29 dBm
Rx Optical Power	-19.67 dBm	-19.71 dBm	-19.69 dBm

Parámetros de señal de red GPON recibida por los usuarios, Autor: Jorge Sánchez.

### 4.3.3 Pruebas de desempeño

Estas pruebas fueron efectuadas con la ayuda del software de monitoreo PRGT con el objetivo de analizar el desempeño y la conectividad de la red. Para esto se realizaron pruebas de sondeo de PING, HTTP, IMAP y JITTER de PING durante un periodo de 2 semanas. Con la finalidad de mantener el error de 0.5% se estudiaron 86 ONUS. En la Figura 4.14 se aprecia la gráfica del consumo de una ONU que se encuentra entre el promedio de las 86 muestreadas.

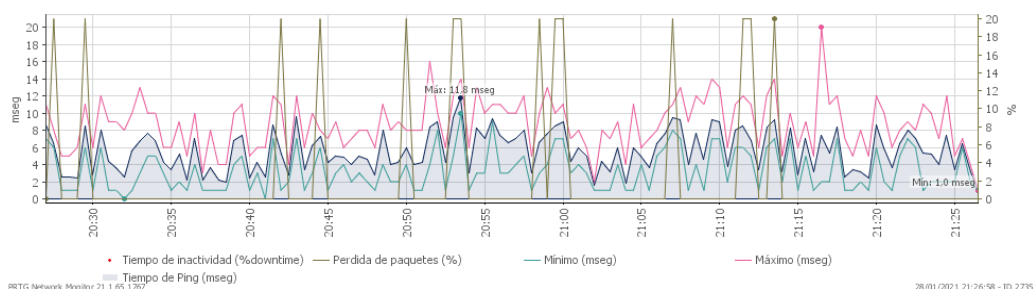
Figura 4. 14 Consumo de ONU promedio



Consumo de ONU promedio, Autor: Jorge Sánchez.

Al analizar la Figura 4.14 se identifica el ancho de banda de bajada lo que de acuerdo con el plan al que corresponde presenta un buen consumo. En la Figura 4.15 se presenta las pruebas de PING realizadas para la misma ONU en estudio, de esta prueba se obtuvo que el tiempo de PING es de 5 ms, una pérdida de paquetes del 2% y un 0% de tiempo de inactividad.

Figura 4. 15 Prueba de PING en una ONU promedio

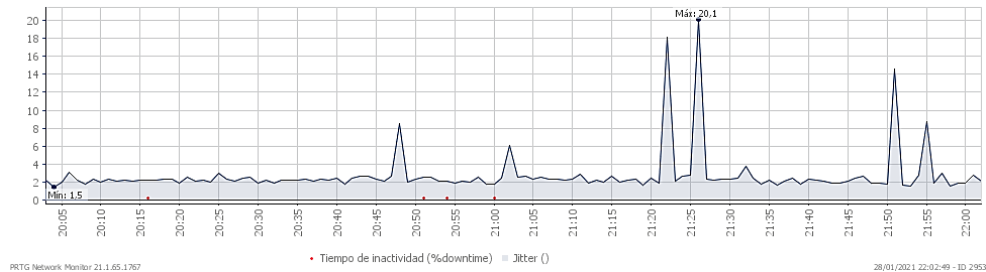


Prueba de PING en una ONU promedio, Autor: Jorge Sánchez.

Al analizar la Figura 4.15 se aprecia un buen consumo y un rendimiento óptimo, dado que el último fallo antes del estudio ocurrió hace 5 horas con una duración del 0.16%, y su tiempo de disponibilidad es de 99.84%. En la Figura 4.16 se presenta las pruebas de JITTER PING para el mismo caso de estudio, esta prueba se enfoca en los parámetros de fluctuación del tiempo, obteniendo como resultado un jitter de 2.76 ms

en un tiempo de ejecución de 51.897 ms, una cobertura del 100% y un tiempo de inactividad del 3%.

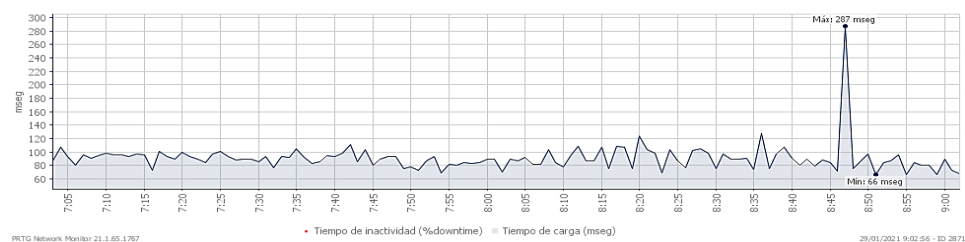
Figura 4. 16 Prueba de JITTER de PING en una ONU promedio



Prueba de JITTER de PING en una ONU promedio, Autor: Jorge Sánchez.

En la Figura 4.17 se presenta las pruebas de HTTP, estas pruebas se las realiza haciendo peticiones al protocolo http, en donde los sensores supervisan un servidor web a través del protocolo.

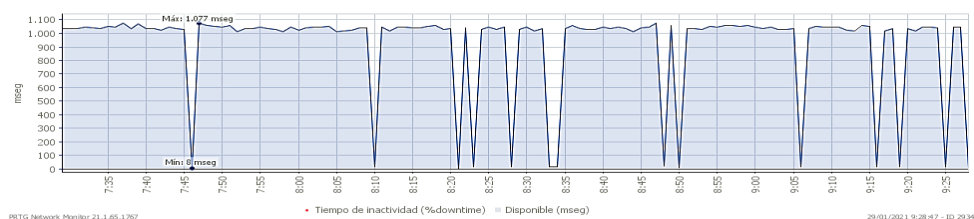
Figura 4. 17 Prueba de HTTP en una ONU promedio



Prueba de HTTP en una ONU promedio, Autor: Jorge Sánchez.

Al observar la Figura 4.17, se aprecia que el tiempo de carga es de 91 ms, con un tiempo de cobertura de 100% y un tiempo de inactividad de 0%. En la Figura 4.18, se presenta la prueba de IMAP, esta prueba consiste en supervisar un servidor de correo electrónico brindando parámetros de tiempo de ejecución y fallo.

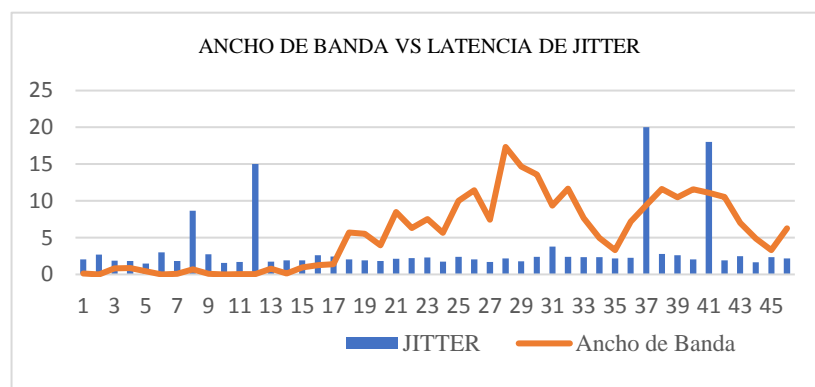
Figura 4. 18 Prueba de IMAP en una ONU promedio



Prueba de IMAP en una ONU promedio, Autor: Jorge Sánchez.

Al observar la Figura 4.18, se aprecia que el tiempo de carga es de 87 ms, con un tiempo de cobertura de 100% y un tiempo de inactividad de 0%. En la Figura 4.19 se presenta el ancho de banda vs la latencia del jitter de la ONU en estudio, de donde se aprecia que entre menor consumo de ancho de banda se tenga el jitter es mayor, y mientras el consumo de ancho de banda aumente la latencia disminuye.

Figura 4. 19 Ancho de banda vs latencia en una ONU promedio



Ancho de banda vs latencia en una ONU promedio, Autor: Jorge Sánchez.

#### 4.3.4 Pruebas de reflectancia

Estas pruebas fueron realizadas a la fibra óptica para una longitud de onda de 1550nm y en un rango total de 8 km, las pulsaciones corresponden a 320 ns. Estas pruebas fueron desarrolladas para cada distrito. En la Figura 4.20 se analiza una distancia de 0.465 Km, y se observa una pérdida de 0.157 db/km, presentando una pérdida de 0.05 dB en el trayecto A-B.

Figura 4. 20 Prueba de reflectancia en el distrito A



Prueba de reflectancia en el distrito A, Autor: Jorge Sánchez.

#### 4.4 Planes a ofertar

Para el análisis y proyección de planes a ofertar al mercado, se estudia el ancho de banda total requerido del proveedor o grupo de proveedores, en este proyecto se requiere de un ancho de banda de 500 Mbps, los cuales son ofrecidos por NEDETEL. Para asegurar la calidad de un buen servicio es necesario considerar un 20% adicional al ancho de banda prometido ( $Ap$ ), el cual se calcula a través de la suma de todos los anchos de banda. De acuerdo con Hernández & Almaguer (2015), para el cálculo del ancho de banda total se hace uso de la Ecuación 4.3.

$$Tanchodebanda = \frac{20 \%*(Ap)}{100} \quad \text{Ec. (4. 3)}$$

Para la planificación del ancho de banda inicial en la red FTTH con tecnología GPON para la empresa ALFATEL, se consideran 200 usuarios distribuidos de la siguiente manera:

**Clientes residenciales:** La planificación inicial toma en cuenta a 150 usuarios con planes de 10 Mbps, de donde se calcula un ancho de banda total de 300 Mbps, manteniendo el margen del 20%.

**Clientes pymes:** Para la planificación de los clientes pymes se considera planes de 20 Mbps, y se considera a un total de 20 usuarios iniciales, por lo que se tiene un total de ancho de banda de 40 Mbps.

**Clientes gaming:** se tomó en cuenta una posible afiliación inicial de 10 clientes gaming con planes de 25 Mbps, resultando en un total de 40 Mbps.

**Clientes corporativos:** en la planificación de los clientes corporativos iniciales se proyectaron 20 usuarios, por lo que se tiene un total de 80 Mbps.

En el ANEXO 7, se muestra la creación de planes de fibra óptica para ALFATEL.

## CONCLUSIONES

- El estudio inicial de la red de provisión de la empresa ALFATEL basada en accesos por radio enlace, determinó la existencia de muchas deficiencias, lo cual ratificó la decisión de implementar una red GPON como una solución óptima para mejorar su servicio y ampliar su área de cobertura.
- El diseño e implementación del presente proyecto en la ciudad de El Ángel, se estructuró en el despliegue de una red GPON sobre seis distritos, a cada uno de ellos se aplicaron un conjunto de pruebas de desempeño, obteniendo en todos los casos resultados dentro de los parámetros permitidos.
- La red GPON implementada, presenta características de eficiencia tanto en escalabilidad como en cobertura para los abonados actuales y así como para otros potenciales clientes ya sea dentro de la ciudad como de comunidades vecinas.
- Las pruebas de estabilidad, conectividad y desempeño realizadas a la red FTTH, presentan mejores prestaciones con respecto a la red de radio enlace, dado que las pérdidas son mínimas y similares tanto en clientes cercanos como en aquellos que están más alejados de la OLT.
- La implementación de la red de Fibra bajo el esquema de gusano permite una reducción de costos en comparación con otro tipo de esquemas, permitiendo la implementación de un cable de fibra de óptica de menos hilos y óptima configuración para el tendido en los distritos definidos.



## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la inclusión de equipos o soluciones de seguridad perimetral con el fin de proteger y monitorear la infraestructura e información tanto de ALFATEL, así como de sus usuarios, de potenciales amenazas.
- Sería importante que para una segunda fase de la Red GPON, se considere la adquisición de equipos más robustos que puedan cubrir las demandas requeridas por los clientes corporativos y gaming.
- Para el mantenimiento de la Red GPON, así como en futuras implementaciones es conveniente considerar más niveles de splitter lo cual permitirá cubrir una cantidad mayor de usuarios y con ello llegar a más poblados rurales vecinos y alejados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar , S. (2015). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. Red de revistas científicas de América Latina, 11(1), 333-338.  
<https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Altamirano, M. (2017). *Implementación óptica para mejorar el tráfico de red, entre los distritos de San Isidro y Miraflores*. Villa El Salvador: Facultad de Ingeniería y Gestión.
- Arias , J. (2015). *Diseño de una ref FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería de Telecomunicaciones. Lima: Ingeniería de Telecomunicaciones.
- Barba, L. (2007). *Diseño de una red de fibra óptica para atender a los clientes de ANDINATEL S.A. en los edificios ubicados en el sector de la Avenida República del Salvador pertenecientes a la Central de Iñaquito*. Quito: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Benavides , E. (2016). *Análisis de una propuesta para un diseño de una red GPON de la corporación nacional de telecomunicaciones CNT para brindar un mejor servicio de voz y datos en Coop. Brisas del Norte de la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil: Ingeniería en Telecomunicaciones.
- Castro, R. (2019). *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito San Martín de Porres*. Lima: Facultad de Ingeniería.
- CCNA Cisco. (30 de marzo de 2015). *CCNA Cisco Blogs*. Calcular la atenuación máxima para enlaces de fibra óptica:  
[https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html)
- CCNA Cisco. (22 de junio de 2018). *CCNA Cisco Blogs*. Obtenido de Fiber Optics Part 2: Single-Mode Fiber vs. Multi-Mode-Fiber:  
<https://blogs.cisco.com/sp/fiberopticspt2singlemultifiber>
- Chauca, E. (2020). *Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para la migración de una red ADSL para 500 usuarios*. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito: Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- Chayña, J. (2017). *Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C, Puno*. Universidad Nacional del Altiplano,

Facultad de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Sistemas. Puno, Perú:  
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

Chillo, F. (2017). *Implementación de redes FTTH – GPON en la ciudad de La Paz*.  
Universidad Mayor de Andrés, Ingeniería Electrónica. La Paz: Ingeniería  
Electrónica.

Correa, A., & Serpa, C. (2010). Análisis de la expansión de redes de acceso asivas de  
fibra óptica GPON y BPON en la ciudad de Medellín. *Tecnológicas*, 59-70.

Cortés, A. (2019). Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the  
Home con tecnologías Gigabit assive Optical Network: un caso de estudio.  
*Actualidad Tecnológica*, 10(1), 1-8. doi:doi.org/10.33412/pri.v10.1.2165

Crespo, I. (2014). *Análisis para el diseño de divisores ópticos para aplicaciones FTTH  
usando el método SPPS*. México D.F.: Escuela Superior de Ingeniería  
Mecánica y Eléctrica.

INEC. (15 de septiembre de 2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*.  
Instituto Nacional de Estadísticas y Censos:  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/#>

Hernández, J., & Almaguer, M. (2015). Cálculo del ancho de banda necesario para  
una empresa. *Revista de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*, 4(2), 1-8.  
<https://doi.org/10.19136/jobs.a4n2.886>

Marchukov, Y. (2011). *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de  
infraestructuras FTTH*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: I.T  
Telecomunicación.

OptyTech. (20 de diciembre de 2020). *Equipos y Accesorios de Telecomunicaciones*.  
[https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/manga-de-empalme-de-fibra-  
optica-tipo-domo-con-sellos-mecanicos-modelo-gjs03-m8ax-jx-144d.html](https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/manga-de-empalme-de-fibra-optica-tipo-domo-con-sellos-mecanicos-modelo-gjs03-m8ax-jx-144d.html)

Prieto, J. (2014). *Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica*. Madrid: Escuela  
Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación.

Sandoval, V., & Astudillo, D. (2016). Diseño de una red de fibra hasta el hogar para  
la ciudad de Cuenca. *CEDIA*, 1-8.  
[https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/107](https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1076)

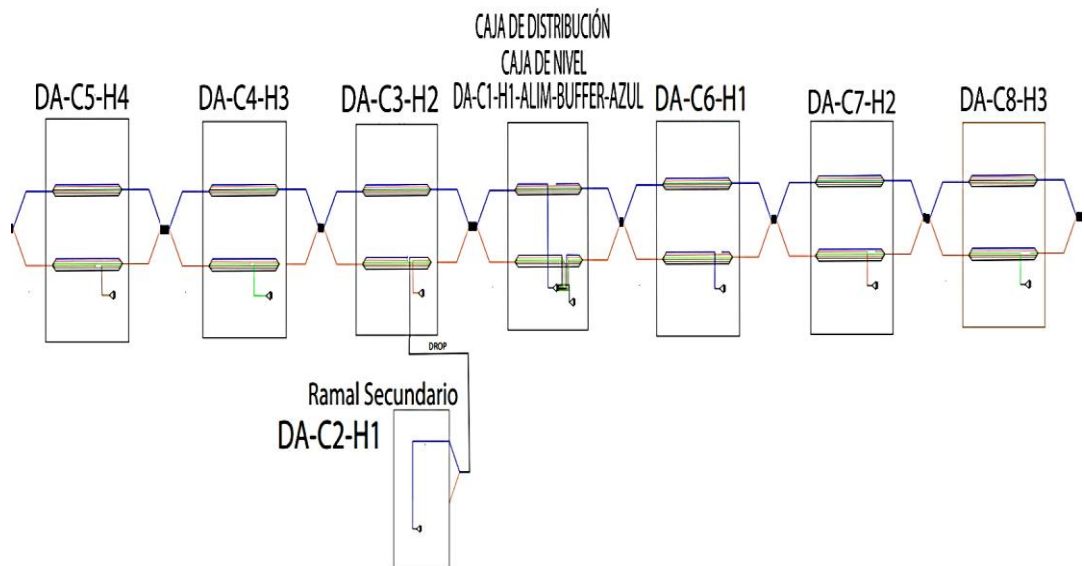
6

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). México:  
Prentice Hall.

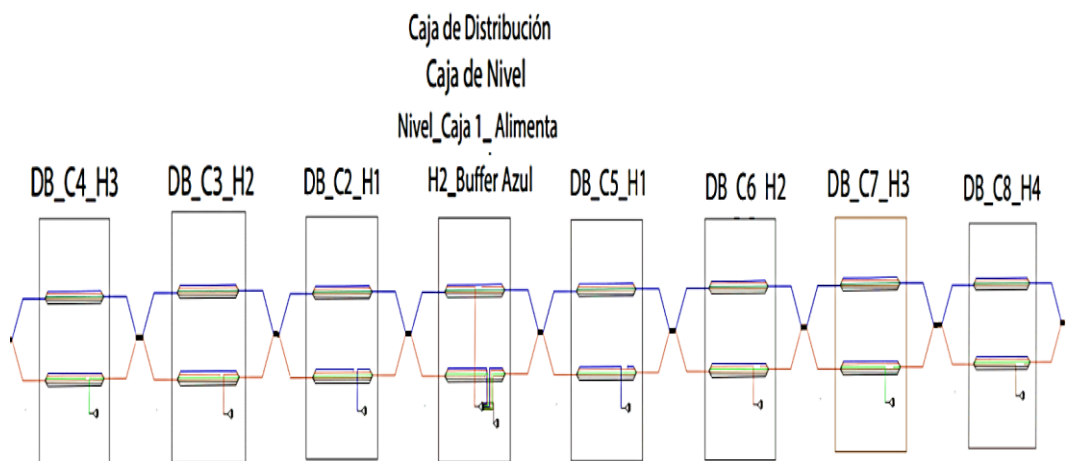
## ANEXOS

### ANEXO 1

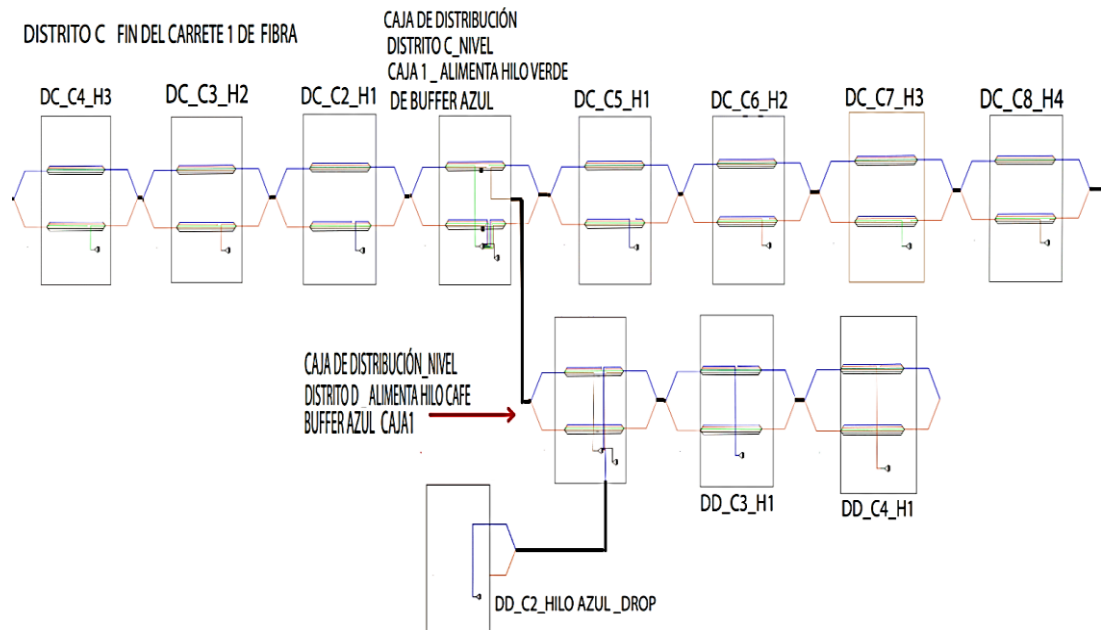
#### Diagrama unifilar distrito A



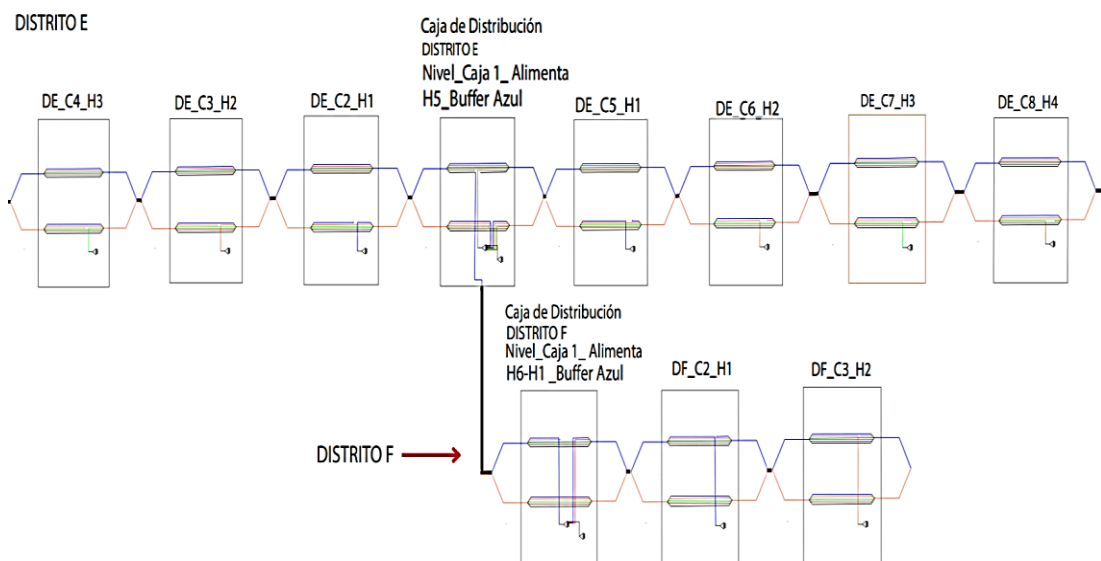
#### Diagrama unifilar distrito B



## Diagrama unifilar distrito C y D



## Diagrama unifilar distrito E y F



## ANEXO 2

### Alimentación y ubicación de cajas por distritos

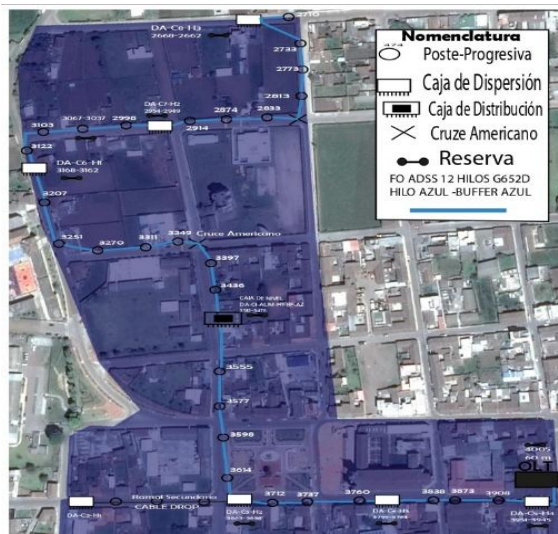
DISTRITOS	Cajas	Hilos	Buffer	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
<b>Distrito A</b>	C1-Nivel	Azul	Azul	0°37'21.58"N	77°56'32.44"O
	C2	Azul	Naranja	0°37'18.12"N	77°56'39.32"O
	C3	Naranja	Naranja	0°37'17.04"N	77°56'33.00"O
	C4	Verde	Naranja	0°37'16.28"N	77°56'28.91"O
	C5	Café	Naranja	0°37'15.41"N	77°56'24.38"O
	C6	Azul	Naranja	0°37'27.82"N	77°56'37.26"O
	C7	Naranja	Naranja	0°37'28.65"N	77°56'33.02"O
	C8	Verde	Naranja	0°37'31.84"N	77°56'29.37"O
<b>Distrito B</b>	<b>Cajas</b>	<b>Hilos</b>	<b>Buffer</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	C1-Nivel	Naranja	Azul	0°37'20.33"N	77°56'20.61"O
	C2	Azul	Naranja	0°37'20.67"N	77°56'26.48"O
	C3	Naranja	Naranja	0°37'17.04"N	77°56'26.32"O
	C4	Verde	Naranja	0°37'16.28"N	77°56'28.91"O
	C5	Café	Naranja	0°37'24.40"N	77°56'19.67"O
	C6	Azul	Naranja	0°37'30.38"N	77°56'18.61"O
	C7	Naranja	Naranja	0°37'30.08"N	77°56'18.28"O
<b>Distrito C</b>	<b>Cajas</b>	<b>Hilos</b>	<b>Buffer</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	C1-Nivel	verde	Azul	0°37'20.67"N	77°56'14.83"O
	C2	Azul	Naranja	0°37'26.27"N	77°56'13.91"O
	C3	Naranja	Naranja	0°37'26.52"N	77°56'4.79"O
	C4	Verde	Naranja	0°37'30.42"N	77°56'13.95"O
	C5	Café	Naranja	0°37'14.42"N	77°56'15.13"O
	C6	Azul	Naranja	0°37'30.38"N	77°56'18.51"O
	C7	Naranja	Naranja	0°37'7.91"N	77°56'19.59"O
<b>Distrito D</b>	<b>Cajas</b>	<b>Hilos</b>	<b>Buffer</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	C1-Nivel (Ramal 2)	Café	Azul	0°37'8.33"N	77°56'8.31"O
	C3	Azul	Naranja	0°37'11.50"N	77°56'8.46"O
	C4	Naranja	Naranja	0°37'8.34"N	77°56'8.32"O
	C2(Hilo con Drop)	Azul	splitter	0°37'14.36"N	77°56'5.75"O
<b>Distrito E</b>	<b>Cajas</b>	<b>Hilos</b>	<b>Buffer</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	C1-Nivel	Gris	Azul	0°36'53.38"N	77°56'30.54"O
	C2	Azul	Naranja	0°37'9.09"N	77°56'31.04"O
	C3	Naranja	Naranja	0°37'9.09"N	77°56'31.04"O
	C4	Verde	Naranja	0°37'9.22"N	77°56'28.82"O
	C5	Café	Naranja	0°36'51.66"N	77°56'23.43"O
	C6	Azul	Naranja	0°36'59.18"N	77°56'22.05"O
	C7	Naranja	Naranja	0°37'3.49"N	77°56'18.76"O
<b>Distrito F</b>	<b>Cajas</b>	<b>Hilos</b>	<b>Buffer</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	C1-Nivel (Ramal 2)	Blanco	Azul	0°36'56.00"N	77°56'36.77"O
	C2	Azul	Naranja	0°36'52.81"N	77°56'39.25"O
	C3	Naranja	Naranja	0°36'51.71"N	77°56'36.38"O
Hilos reserva	-----	Gris	Azul		
Hilos reserva	-----	Blanco	Azul		



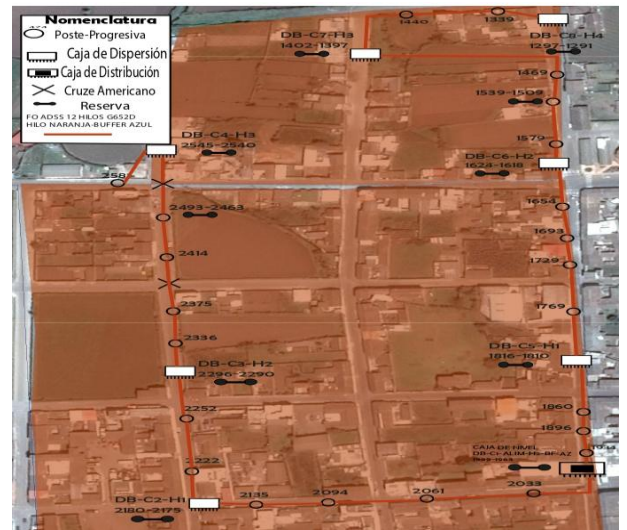
## ANEXO 3

### Cobertura de los distritos

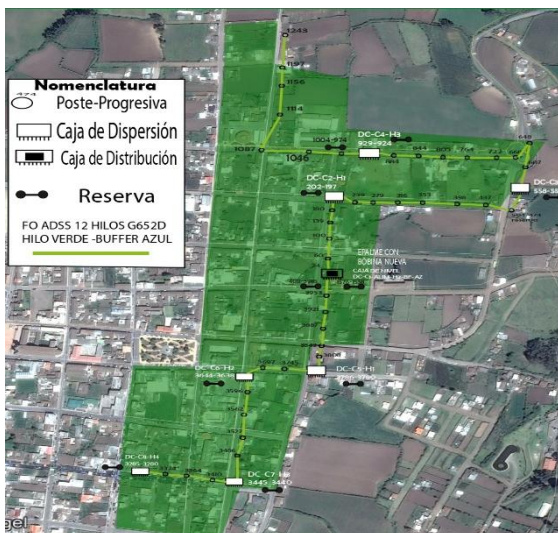
Cobertura distrito A



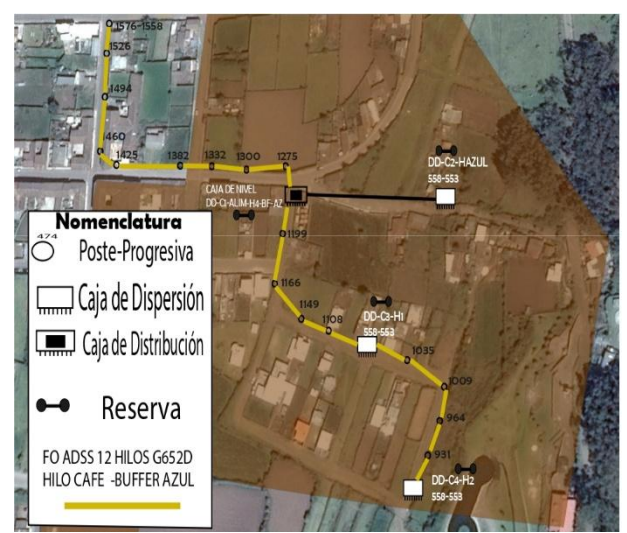
Cobertura distrito B



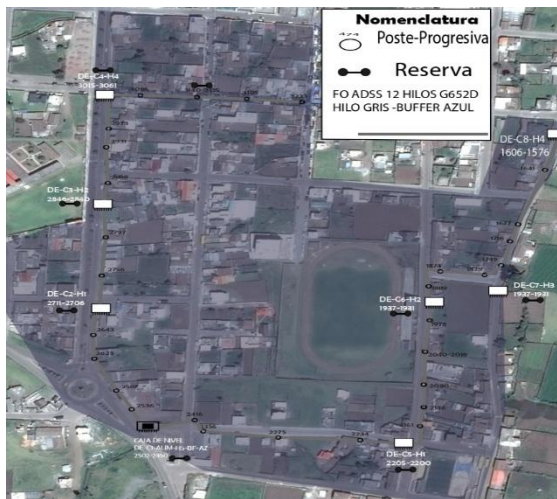
Cobertura distrito C



Cobertura distrito D



Cobertura distrito E






Cobertura distrito F



## ANEXO 4




### Comparación entre ONUs de distintos proveedores

Especificaciones	ONU HUAWEI 8545M	ONU ZTE F612W	ONU HUAWEI HG 8546M
Presentación			
Características de configuración	<p>Wifi: Si</p> <p>Teléfono: 1 punto</p> <p>LAN: 1GE+ 3FE</p> <p>Dimensiones: 250*185*38mm</p> <p><b>Peso:</b> 0.4kgs</p>	<p>Wifi: Si</p> <p>Teléfono: 1 punto</p> <p>LAN: 2FE + 1TEL</p> <p>Dimensiones: 140*100*35mm</p> <p><b>Peso:</b> 0.25 kgs</p>	<p>Wifi: Antena 2x2 antena externa y Eirp Max 25dBm</p> <p>Teléfono: 1 punto</p> <p>Dimensiones: 240*160*35mm</p> <p><b>Peso:</b> 0.5 kgs</p>
Parámetros	<p><b>Interfaz GPON:</b> 1* Interfaz GPON, SC monomodo/ fibra única, enlace ascendente 1.25 Gbps, enlace descendente 2.5 Gbps.</p> <p><b>Interfaz Ethernet de usuario:</b> 4 * FE/GE interfaces de adaptación automática de Ethernet, conectores RJ45, 1*Wifi</p> <p><b>Interfaz de energía:</b> Fuente de alimentación de CC de 12V. Un adaptador de alimentación de CA externo de 12 V 1A /CC</p> <p><b>Parámetro óptico de PON:</b> longitud de onda Tx 1310nm, Rx1490nm, potencia óptica Tx: -1 ~ 4dBm, sensibilidad de Rx: -28dBm, potencia óptica de saturación -3dBm, tipo de conector: SC, fibra óptica tipo fibra monomodo 9/125 um.</p>	<p><b>Interfaz GPON:</b> 1* Interfaz GPON (SC/PC), enlace ascendente 1.244 Gbps, enlace descendente 2.488 Gbps.</p> <p><b>Interfaz Ethernet de usuario:</b> 2* 10/100 Base – T; Dúplex medio/ completo, 1* Wifi.</p> <p><b>Interfaz de energía:</b> Fuente de alimentación de CC de 12V. Corriente del nominal 0.5 A</p> <p><b>Parámetro óptico:</b> longitud de onda Tx 1290 nm, Rx 1480nm, potencia óptica 0.5 ~ 5dBm, sensibilidad de Rx: -28dBm</p>	<p><b>Interfaz GPON:</b> 1* Interfaz GPON (SC/PC), enlace ascendente 1.244 Gbps, enlace descendente 2.488 Gbps.</p> <p><b>Interfaz Ethernet de usuario:</b> 4 * GE + 3FE interfaces de adaptación automática de Ethernet, conectores RJ45, 1*Wifi</p> <p><b>Interfaz de energía:</b> Fuente de alimentación de CC de 12V. Corriente del nominal 1.5 A.</p> <p><b>Parámetro óptico de PON:</b> longitud de onda Tx 1310nm, Rx1490nm potencia óptica Tx: 0.5 ~ 5dBm, sensibilidad de Rx: -28dBm, potencia óptica de saturación -8 dBm, tipo de conector: SC, fibra óptica tipo fibra monomodo G.652</p>



## ANEXO 5

### Comparación entre OLTs de distintos proveedores

<b>Especificaciones</b>	<b>GPT -C43BB KING TYPE</b>	<b>OLT ZTE C300</b>	<b>OLT ZTE C320</b>
Presentación			
Puertos PON	16 Puertos PON	8 Puertos PON(rackeables)	8 Puertos PON (rackeables)
Ventana de operación	Tx: 1550 nm, Rx: 1310 nm	Tx: 1550 nm, Rx: 1310 nm	Tx: 1550 nm, Rx: 1310 nm
Compatibilidad	Compatible con diferentes marcas de ONU	Compatible con diferentes marcas de ONU	Compatible con diferentes marcas de ONU
Administración remota	Ssh, telnet,SNMP, VPN	IPTV, VoIP, HSI, VPN	IPTV, VoIP, HSI, VPN
Distancia de transmisión	20 km	20 km	20 km
Velocidad de transmisión	En subida 1.25 Gbps y 2.5 Gbps en bajada	En subida 1.25 Gbps y 2.5 Gbps en bajada	En subida 1.25 Gbps y 2.5 Gbps en bajada
Capacidad de ONUs	Manejo máximo de 2048 ONUs	Capacidad máxima de 4096 ONUs	Capacidad máxima de 4096 ONUs

## ANEXO 6

Fotografías de la implementación y configuración de la red FTTH con tecnología GPON para ALFATEL en la ciudad El Ángel

Tendido de fibra óptica



Armado de Nap Transformer para cajas de distribución



Armado de NAP Eco para cajas de dispersión



Armado de Rack en el cuarto de telecomunicaciones



## ANEXO 7

### Creación de planes de fibra óptica

En el router administrador MikroTik se configura la velocidad de subida y bajada

Básico

BMU

Mikrotik

\* Nombre

RESIDENCIAL10000 MIKROTIK EL ANGEL

\* Máx. subida

8000

\* Unidad de subida

kbps

\* Máx. bajada

10500

\* Unidad de bajada

kbps

\* Porcentaje de degradado

50

Porcentaje de ancho de banda del total del plan para un contrato que tiene estado Degradado

Facturación

Precio

0,0

☒

Propagar cambio de precio a los contratos asociados

Si tienes contratos con precios personalizados, estos precios serán reemplazados marcando esta opción. Los cambios serán efectivos en el próximo periodo de facturación.

Frecuencia

Mensual

☒

Propagar cambio de frecuencia a los contratos asociados

Si tienes contratos con frecuencias personalizados, estas frecuencias serán reemplazadas marcando esta opción. Los cambios serán efectivos en el próximo periodo de facturación.

Impuesto

Precio de instalación

0,0

Precio de instalación del servicio, solo se podrá utilizar al momento de generar manualmente la primer factura

Impuesto de instalación

Impuesto de instalación del servicio, solo se podrá utilizar al momento de generar manualmente la primer factura

Se configura mediante PCQ con cola de árboles

Básico

BMU

Mikrotik

\* Estrategia de ancho de banda

PCQ con árbol de colas

CIR

1:3

Ráfagas habilitadas

OFF

Eliminar

?

Actualizar Plan

Los planes residenciales presentan una compartición de 1:4

Básico

BMU

Mikrotik

\* Nombre

PLAN HOGAR 17 EL ANGEL

\* Máx. subida

17

\* Unidad de subida

mbps

\* Máx. bajada

17

\* Unidad de bajada

mbps

\* Porcentaje de degradado

50

Porcentaje de ancho de banda del total del plan para un contrato que tiene estado Degradado

Facturación

Precio

0,0

☒

Propagar cambio de precio a los contratos asociados

Si tienes contratos con precios personalizados, estos precios serán reemplazados marcando esta opción. Los cambios serán efectivos en el próximo periodo de facturación.

Frecuencia

Mensual

☒

Propagar cambio de frecuencia a los contratos asociados

Si tienes contratos con frecuencias personalizados, estas frecuencias serán reemplazadas marcando esta opción. Los cambios serán efectivos en el próximo periodo de facturación.

Básico

BMU

Mikrotik

\* Estrategia de ancho de banda

PCQ con árbol de colas

CIR

1:4

Ráfagas habilitadas

OFF

Eliminar

?

Actualizar Plan